Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

April
4 / 2007
€ 6,50 / sFr 12,50

Parallelwelten

Ist unser Kosmos nur einer von vielen?

UNSERE ASTRONAUTEN

Hans Schlegel und Thomas Reiter im Interview

LETZTE GELEGENHEIT

Beobachten Sie Saturns Ringe, solange es noch geht!

SONNE IN 3-D

Stereo – Wie uns das Raumsondenpaar vor Teilchenstürmen warnt

RIESENFERNGLAS

Zu Besuch beim LBT, dem Large Binocular Telescope in Arizona

60463

04

4 196046 306506

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

Alles online oder was?

Liebe Leserinnen und Leser, der Relaunch im letzten Jahr hat das Online-Angebot bereits wesentlich verbessert, aber wir arbeiten nach wie vor an neuen Ideen und Zusatzfunktionen. Einige sind jetzt so weit, dass ich sie Ihnen vorstellen kann.

In der TELESKOPwelt können Sie künftig mit ein oder zwei Mausklicks auf Informationen aller Instrumente des deutschsprachigen Markts zugreifen sowie auf die Fernrohrtests und Neuvorstellungen in ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum. Versteht sich von selbst, dass die Inhalte ständig aktualisiert werden.

Gleiches gilt für die BILDERwelten. Dahinter verbergen sich die besten und umfangreichsten Galerien, die den ASTROnews-Lesern sicher schon aufgefallen sind. In diesen sammeln wir die eindrucksvollsten Aufnahmen und Illustrationen zu den verschiedenen Themen. Zwei weitere Bonbons sind die E-Cards, die Sie seit Silvester mit Motiven von Astrofotograf Martin Wagner verschicken können, sowie das BASISwissen mit den wichtigsten astronomische Grundlagen. Auch diese stehen Ihnen jetzt in überarbeiteter Form zur Verfügung.

Das vielleicht Coolste zum Schluss. Auch wenn es auf den ersten Blick nur wie eine technische Spielerei erscheinen mag, habe ich ihn mit Spannung erwartet: den RSS-Feed. Denn in einem Programmfenster hat man alle neuen Einträge seiner Lieblingswebseiten auf einen Blick – und jetzt auch ASTRONOMIE HEUTE: Nachrichten, Podcast-Episoden, Leserbriefe, Leseproben und neue Ausgaben. Wegen des KOSMOpods habe ich persönlich das erste Mal einen abonniert, als »dynamisches Lesezeichen« direkt im Browser. Um den AH-Feed zu testen, installierte ich jetzt einen Feed-Reader auf meinen Rechnern – und bin zum RSS-Fan geworden.

Probieren Sie's aus! Natürlich finden Sie auch diese Ausgabe im AH-Feed. Alle Web-Adressen dieser Seite stehen auf www.astronomie-heute.de/links.

Herzlichst Ihr

Das neue Fernrohrportal:
astronomie-heute.de/teleskopwelt

Grußkarten für Sterngucker:
astronomie-heute.de/ecards

Abonnieren Sie die RSS-Feeds unter
astronomie-heute.de/rss.

INHALT

WISSEN

Astro News 10
Eyharts fliegt mit Schlegel zur ISS, Landkarten vom Roten Planeten u. v. m.

▶ **Woher kam alles?** 16
Das Universum könnte buchstäblich aus dem Nichts entstanden sein

▶ **Sonne in 3-D** 22
Das Raumsondenpaar Stereo soll vor Teilchenstürmen warnen

▶ **LBT in Arizona** 30
Der Riesenfeldstecher soll helfen, den Ursprung des Kosmos zu ergründen

Auf Galileis Spuren 36
Ganz erstaunliche Dinge fand Galileo Galilei heraus, als er zum ersten Mal ein Fernrohr gen Himmel richtete

BEOBACHTUNG

Planetarium 44
Das Trio im Leo, Meteorschauer, Sternbedeckungen und mehr

Sterntafel 46
Der mitternächtliche Himmel in der Übersicht

Nahaufnahme 48
Orions bester Freund, der große Hund

▶ **Highlight** 50
Der Ringplanet Saturn

Feldstechertipp 55
Unzertrennliches Duo: M 81 und M 82

Deep Sky 56
Schau, ein Krebs!

SZENE

Kippenhahns Sternstunde 60
Als Zeulenroda unterging

▶ **Interview** 62
Sechs Monate im Lärm – Thomas Reiter über seinen ISS-Aufenthalt

▶ **Unterwegs** 66
Weltraumtor am Rhein – das Europäische Astronautenzentrum EAC, Hans Schlegel im Gespräch

Nachgeschaut 70
Angst vor Freitag, dem 13.?

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

Stereo 22

Die beiden Sonden wurden von der Anziehungskraft des Monds auf ihre Bahnen gebracht. Ihre Mission: 3-D-Aufnahmen von den Ausbrüchen auf der Sonne

ILLUSTRATIONEN: NASA / JHUAPL; MONTAGE: AH

TITEL 16

ILLUSTRATION: MARK GARLICK

Schwer vorstellbar, dass unser Kosmos nur einer von vielen ist oder aus der absoluten Leere hervorging – aber genau so könnte es sein

30

INGO HÜBNER

Mit dem Zweiten …

… Spiegel sieht das Large Binocular Telescope (LBT) besser! Der Weg zu seiner Fertigstellung war lang und beschwerlich, erzählt der Bauleiter

36

NATIONAL MARITIME MUSEUM LONDON

Galileo Galilei

Er war der Erste, der mit einem Teleskop den Himmels erforschte – und dabei das damalige Weltbild revolutionierte

wis
wissenschaft in die schulen!

62

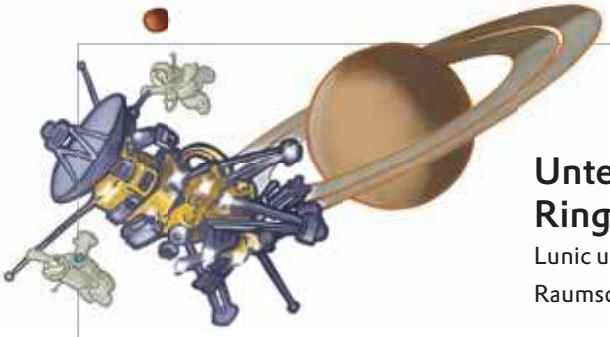
STEPHAN FICHTNER

Thomas Reiter (rechts) war sechs Monate lang auf der ISS. Bei einem Treffen im EAC erzählte er Redakteur Frank Schubert, was er dort erlebte

66

ESA, PHILIPPE SEBIROT

Astronautenschmiede
In Köln-Porz bereitet sich Hans Schlegel auf seine Columbus-Mission vor. Unsere Reporterin Ulrike Sinzel sprach mit ihm



80

Unterwegs zum Ringplaneten
Lunic und Sonja erkunden mit der Raumsonde Cassini den Saturn

AH / EMDE-GRAFIK

TIPPS

Glanzlichter 74
Die schönsten Winterbilder unserer Leser

Hochglanz 78
So erstellen Sie stimmungsvolle Kometenaufnahmen

Astrofotografie 79
Deep-Sky-Aufnahmen mit einer Webcam – geht nicht? Geht doch!

AH-Junior 80
Eine Forschungsreise mit Lunic und Sonja zum Saturn

Bücher 84
Raumfahrt-Wissen und ein Teleskop-1x1

TV & Events 86
Fernseh- und Veranstaltungshinweise für Astronomiefans

Editorial 3 • Leserbriefe 7 • Leser fragen – Experten antworten 9 • Leserreise 58 • Kleinanzeigen 87 • Preisrätsel 88 • Astromarkt 89 • Vorschau / Impressum 90

Titelbild: Ist unser Kosmos nur einer von vielen, eingebettet in ein größeres Ganzes? Und entstand alles vielleicht aus dem Nichts?

Titelillustration: Mark Garlick; links unten: Nasa; rechts unten: Rainer Arlt, AIP

Die große Jahrbuch-Umfrage

Jahrbücher braucht jeder, der den gestirnten Himmel regelmäßig beobachtet. Wir wollen von Ihnen wissen, worauf Sie bei einem Jahrbuch besonderen Wert legen und wie wir unser Angebot noch verbessern können.
Nehmen Sie teil an unserer großen Jahrbuch-Umfrage und sagen Sie uns Ihre Meinung
www.science-shop.de/jahrbuecher

ONLINE

Tagebuch am Saturn

spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

Die Weltraumsonde Cassini liefert Neuigkeiten in Hülle und Fülle vom Herrn der Ringe und seinen Monden. Die Online-Redaktion von Spektrum direkt hält Sie über alle kleinen und großen Entdeckungen im Saturnsystem auf dem Laufenden
www.spektrumdirekt.de/cassini

Kosmopod

KOSMOpod
STERNE UND WELTRAUM
ASTRONOMIE HEUTE

Das Neueste aus den Redaktionen von ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum finden Sie als MP3-Datei zum Herunterladen unter
www.kosmopod.de

Komet McNaught

Eine Bildergalerie über die Gala-Vorstellung des hellsten Kometen der letzten Jahrzehnte finden Sie in Sterne und Weltraum 4/2007 (ab 20. 03. 2007 am Kiosk)
www.suw-online.de

Ursprung der Sternbilder

Die auf der Nordhalbkugel sichtbaren Sternbilder sind sehr alt. Astronomie und Archäologie können ihre Entstehung und ihren praktischen Nutzen rekonstruieren, wie Bradley Schaefer in Spektrum der Wissenschaft 3/2007 erklärt

Die unsichtbare Hand des Kosmos

Die Dunkle Energie beschleunigt nicht nur die Ausdehnung des Universums. Forscher entdeckten jetzt, dass sie auch Form und Verteilung der Galaxien prägt. In Spektrum der Wissenschaft 4/2007 (ab 27. 03. 2007 am Kiosk)

Die neue AH-Teleskopwelt:

Sie sind auf der Suche nach einem neuen Instrument? Wir haben Ihnen alle Testberichte der letzten zwei Jahre aus ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum sowie eine große Übersicht in Deutschland erhältlicher Teleskope unter der Adresse www.astronomie-heute.de/teleskopwelt zusammengestellt

ECKHARD SLAWIK

Seltsame Lichter fotografierte Eckhard Slawik in den frühen Morgenstunden des 25. Januar. Um Mitternacht entdeckte er die Leuchterscheinung im Zenit über dem hohenlohischen Waldenburg. Sie befand sich im Sternbild Großer Bär und stand etwas unterhalb der Kastensterne des Großen Wagens.

Leuchtende Wolke

Der Astrofotograf Eckhard Slawik kennt den Sternhimmel wie seine Westentasche. Doch was er am Morgen des 25. Januar aufnahm, stellt ihn vor ein Rätsel. Wir fragten unsere Leser, ob sie in dieser Nacht ähnliche Beobachtungen machten und wie sie sich die mysteriöse Leuchterscheinung im Sternbild Großer Bär (»Ursa Maior«, UMa) erklären. Hier sind die Rückmeldungen.

Eventuell Skybeamer?

Das Einzige, was mir einfällt, wären weit entfernte Skybeamer, die hohe Eiskristallwolken angeleuchtet haben könnten. Als die Wolke sich auflöste oder wegwanderte, verblasste das Ganze. Das ist aber nur eine vage Vermutung.

Martin Wagner, Sonnenbühl

Kommt ganz drauf an, …

… wo die Wolke aufgenommen wurde. Meiner Erkenntnis nach – wir hatten eine ähnliche Lichterscheinung schon mal beobachtet – handelt es sich hierbei um irdische Lichtquellen, die reflektiert wurden. Dafür spricht der »Strahlengang« von links unten zur Bildmitte. Ich habe bereits Skybeamer beobachtet (allerdings bei geschlossener Wolkendecke), die eine ähnliche Form wie die Lichtbündel in der Mitte aufwiesen. Wegen der dünnen Wolken, die aufgezogen sind, könnte man auf eine Wetteränderung schließen. Vermutlich hat sich über eine wärmere Luftschicht in Bodennähe eine Kaltluftschicht mit erhöhter Luftfeuchtigkeit oder Eiskristallen gelegt. Letzteres würde die Farbenvielfalt erklären (Lichtbrechung).

Stellt sich nur noch die Frage, weshalb die irdischen Lichtbündel nicht auf die aufziehenden Wolken projiziert wurden. Die Reflexion müsste in den oberen Luftschichten stattgefunden haben. Vermutlich markieren die Lichterscheinungen genau die Stellen, an denen sich die kalten Luftschichten über die warmen schoben.

Untermauern kann ich meine These durch die Wetterverhältnisse am 24. Januar. An dem Tag haben sich sowohl die Temperatur (sinkend) als auch die relative Feuchte (steigend) deutlich geändert. Es begann zu schneien.

Robert Koch, per E-Mail

Eisplättchen in der Luft

Die Vereinigung der Lichtlinien in einem Fluchtpunkt ist ein gutes Argument für die Anwesenheit von Eisplättchen in der oberen Atmosphäre, die das Licht einer nahen Stadt reflektieren. Herr Slawik stand zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort.

N. Reinecke

Seltsamer Mond am Himmel

Am 26. Januar habe ich gegen 0.45 Uhr eine eigentümliche farbige Wolke gesehen, die mitten über die Mondscheibe hinwegzog und diese in einer schleifenartigen Form horizontal an beiden Seiten enorm vergrößerte. Ich habe versucht, dieses Schauspiel mit einem Camcorder aufzunehmen. Leider ist die Wolke kaum zu sehen. Auf einzelnen Bildern waren allerdings größere farbige »Ausstrahlungen« aus der Umrandung der Mondscheibe zu erkennen. Da es sehr frostig war, habe ich eine Wolke aus feinen Eiskristallen als Ursache angenommen. Jedenfalls sind einige sehr ungewöhnliche farbige Bilder entstanden.

Eberhard Bieski, Berlin

Aktenzeichen UMa ungelöst

Auch die Kollegen vom ZDF heute journal schalteten sich ein und kontaktierten Vertreter der verschiedensten Fachrichtungen. Hier sind die Ergebnisse, die sie am Abend des 2. Februar im Fernsehen präsentierten:

Die Experten der Europäischen Weltraumorganisation Esa und dem Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) schließen einen Zusammenhang mit dem Abschuss des chinesischen Satelliten aus. Entweder handelte es sich um Lichtsäulen – einzelne Reflexionszonen, die einem gemeinsamen Radianten zu entspringen scheinen – oder um das Nachleuchten eines Meteors, der in der Hochatmosphäre verglühte.

Eckhard Slawik erinnert sich an eine ähnliche Wolke, die in den 1990er Jahren am Himmel erschien und in ganz Deutschland beobachtet wurde. Damals handelte es sich um Raketentreibstoff in einer Höhe von zirka 16 000 Kilometern. <<

Wintersonnenwende

Der 21. Dezember ist der Tag der Wintersonnenwende, der kürzeste Tag des Jahres. Trotzdem geht die Sonne in den folgenden Tagen morgens auch weiterhin später auf. Warum findet der späteste Sonnenaufgang am 1. Januar und nicht am 21. Dezember statt? Die Tage werden doch danach schon wieder länger?

Kay Brunken, Hanau

Antwort der Redaktion:
Im Winter läuft die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne schneller als im Sommer. Die Erde muss sich daher um den Jahreswechsel jeden Tag ein paar Minuten länger drehen, bis die Sonne wieder an der gleichen Stelle steht.

Nach der Wintersonnenwende verändern sich die Aufgangszeiten der Sonne kaum, da die beiden Effekte (Umlauf der Erde um die Sonne und Eigenrotation) einander entgegensteuern. Die Untergangszeiten verschieben sich aber merklich, da hier die Phänomene in der »gleichen Richtung« wirken.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Effekte finden Sie in AH 9/2004 unter der Rubrik »Leser fragen – Experten antworten« zum Thema Zeitgleichung.

Geschwindigkeitsrekord

»Das schnellste Flugzeug der Welt«
AH 1-2/2005, S. 10

Wie schnell kann das schnellste Flugzeug der Welt fliegen? Bujar, Ulm

Antwort der Redaktion:
Der Geschwindigkeitsrekord für (Turbinen-)Düsenflugzeuge wurde vor gut dreißig Jahren mit einer Lockheed SR-71 »Blackbird« aufgestellt. Dieser Aufklärer der US-Luftwaffe erreichte in einer Höhe von fast 26 000 Metern eine Geschwindigkeit von rund 3500 Stundenkilometern.

Das im Artikel vorgestellte Fluggerät ist ein kleines, unbemanntes Experimentalmodell mit dem Namen X-43A. Es hat nur ein »Scramjet«-Triebwerk. Auf derselben Flughöhe wie die Blackbird ist es dreimal so schnell und erreicht eine Geschwindigkeit von 10 600 Kilometern pro Stunde. Die X-43A kann aber nicht aus eigener Kraft von einem Flugplatz starten oder landen.

Teilchenbeschleunigung

»Ursprung der Kosmischen Strahlung weiter aufgeklärt«, AH 1-2/2007, S.10

Ich habe gelernt, dass geladene Teichen durch Magnetfelder abgelenkt und nicht wie in elektrischen Feldern beschleunigt werden. Wieso gewinnen die Elektronen des Herrn Allen immer mehr Energie durch Magnetfelder?

Klaus Teutenberg, Lindlar

Antwort der Redaktion:
Jede Geschwindigkeitsänderung (Betrags- oder Richtungsänderung) ist mit einer Kraft und daher mit einem Energieübertrag oder Arbeit verbunden.

Wenn ein geladenes Teilchen auf ein (bezüglich des messenden Beobachters) ruhendes, starres Magnetfeld trifft, wird es von seiner ursprünglichen Flugbahn abgelenkt. Seinen Wert an kinetischer Energie (den Betrag seiner Geschwindigkeit) behält es jedoch bei.

Bewegt sich aber das Magnetfeld relativ zum Beobachter, misst dieser eine Zu- oder Abnahme der Teilchengeschwindigkeit. Bildlich gesprochen verhält sich ein Teilchen wie ein Surfer, der im günstigen Fall von einer Welle (Magnetfeld) mitgenommen und beschleunigt wird.

Astronomiewetter

»Sterne, Mond und Wolken«
AH 9/2006, S. 26

Gibt es deutschlandweit einen detaillierten Astronomiewetterbericht, der zum Beispiel abends jede halbe Stunde im Radio gesendet wird? Wenn nicht, könnte man so etwas einrichten?

David Sautter, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Eine derartige Vorhersage gibt es unseres Wissens nicht. Die Problematik ist dabei, dass ein Wetterbericht im überregionalen Rundfunk lokale Gegebenheiten nur schwer abbilden kann.Wenn Sie etwa von einem Tal der Mittelgebirge aus beobachten, in dem Sie nicht von Lichtverschmutzung gestört werden, kann dort die Bewölkung ganz anders als an Ihrem Wohnort in der Stadt sein.

Ein paar Tipps, wie Sie aus dem »normalen« Fernseh-Wetterbericht oder aus Satellitenbildern Ihre eigene Prognose erstellen können, finden Sie im Artikel »Sterne, Mond und Wolken« in AH 9/2006. Dort sind auch weiterführende Internet-Adressen zu Wetterseiten und Seeing-Vorhersagen angegeben.

Einsendeschluss

»Preisrätsel«, AH 3/2007, S. 88

Ich habe gestern im Zeitschriftenhandel vergeblich nach der März-Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE gesucht. Wie es der Zufall will, war sie dann aber im Briefkasten (ich bin seit Dezember Abonnent). Super. Ich habe mich gleich ans Preisrätsel gemacht. Als Einsendeschluss ist der 8. Februar angegeben. Aber der ist schon vorbei. Ups! Auf der Homepage wird als Erscheinungstermin für das Heft der 15. Februar genannt. Wann ist denn der eigentliche Termin?

Andreas Zettl, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Der Einsendeschluss ist tatsächlich falsch angegeben. Richtig muss es heißen: 8. März 2007.

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage!

Sie können Ihre Leserbriefe im Internet unter www.astronomie-heute.de in ein Formular direkt unter dem jeweiligen Artikel eintragen. Diesen erreichen Sie über die Menüeinträge »Aktuelle Ausgabe« (Inhaltsverzeichnis), »Archiv« (Heftverzeichnis) oder durch Anklicken des Covers der Ausgabe.

Falls Sie Anregungen haben, können Sie diese unter www.astronomie-heute.de/leserbriefe eingeben. Oder Sie schreiben wie bisher per Post, Fax oder E-Mail an:

ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

EXPERTENFRAGE

»Leser fragen – Experten antworten«

Führen die Rotationsachsen von Galaxien Taumelbewegungen aus, die der Präzessionsbewegung der Erdachse ähneln? Christian Menges, Freising

Eine solche Taumelbewegung entsteht immer dann, wenn sich ein nicht kugelsymmetrischer, rotierender Körper in einem inhomogenen Gravitationsfeld befindet. Das heißt, das Schwerefeld ist räumlich nicht gleichmäßig stark und / oder nicht einheitlich ausgerichtet. Bei einer Galaxie, die mutterseelenallein irgendwo im Universum steht, gibt es das also nicht und bei streng kugelförmigen, nichtrotierenden Sternsystemen kommt so etwas folglich auch nicht vor.

Die meisten Galaxien sind aber weder kugelförmig noch allein. So gut wie alle sind abgeplattet und haben nahe Nachbarn, auch wenn es sich dabei nur um kleine Satellitengalaxien handelt. Deshalb ist der Taumeleffekt in der Welt der Galaxien sehr verbreitet. Aber diese Präzessionsbewegung dauert extrem lange. Die Rotationszeiten der Galaxien liegen schon im Bereich von Hunderten von Jahrmillionen, die Zeitskala der Taumelbewegung dagegen im Bereich von Jahrmilliarden und darüber. Der Effekt ist also nicht direkt beobachtbar.

Indirekt kann man ihn allerdings daran erkennen, dass die Scheiben einiger Galaxien durch den Vorübergang naher Begleiter erheblich »verbogen« sind. Sie sehen deshalb nicht wie eine Schallplatte, sondern eher wie eine Hutkrempe aus. Diese Verbiegungen entstehen durch genau die gleichen Kräfte wie die Taumelbewegung.

Im Fall der Erdachse, aber auch bei den analogen Präzessionsbewegungen von Planeten- und Doppelsternbahnen sind die Verhältnisse in zweierlei Hinsicht wesentlich günstiger. Erstens sind die Zeitskalen, auf denen diese Bewegungen stattfinden, sehr viel kürzer. Zweitens lassen sich die räumlichen Orientierungen der Erdachse beziehungsweise der Planetenbahnen mit viel höherer Genauigkeit bestimmen als die Rotationsachsen von Galaxien.

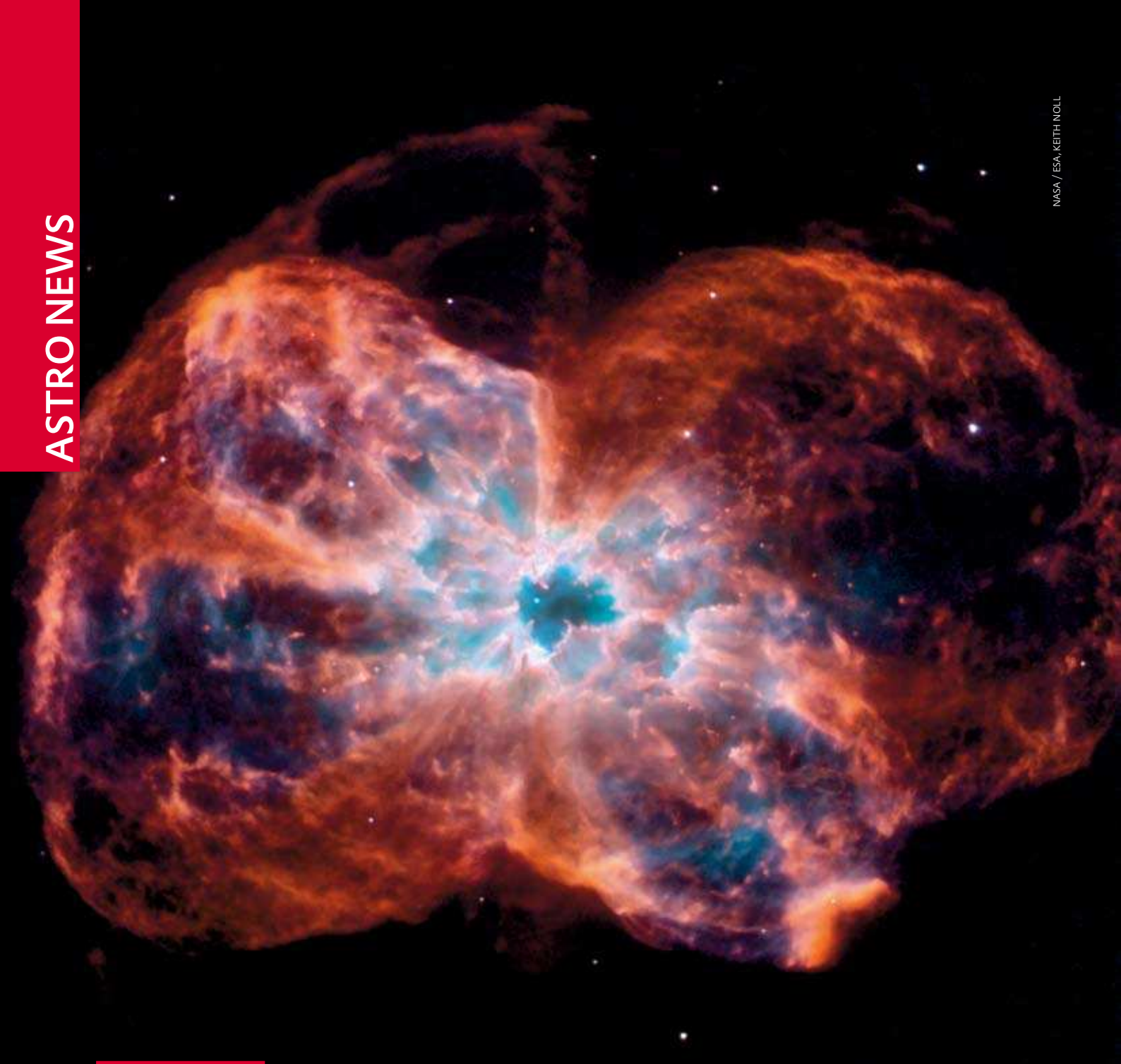
Daher wurde die Präzession der Erdachse bereits im antiken Griechenland entdeckt (aber damals noch nicht verstanden). Die Taumelbewegung von Planetenbahnen war schon bald nach der Entstehung der modernen Astronomie bekannt. **>> Ulrich Bastian**

Der Autor arbeitet an der Entwicklung des Astrometriesatelliten Gaia am Astronomischen Recheninstitut (Ari), Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg.

Verbogene Scheiben weisen indirekt auf eine Präzessionsbewegung bei Galaxien hin.

ESO

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.



NASA / ESA, KEITH NOLL

HUBBLE-AUFNAHME

Prachtvoller Sterntod

Eine neue Aufnahme vom Weltraumteleskop Hubble zeigt den Planetarischen Nebel NGC 2440. Er befindet sich 4000 Lichtjahre von uns entfernt im Sternbild Achterschiff (»Puppis«).

Planetarische Nebel treten in der Milchstraße häufig auf, derzeit kennt man etwa 1500 davon. Obwohl ihr Name darauf hindeutet, haben sie nichts mit Planeten zu tun. Vielmehr handelt es sich um die Überreste ehemaliger Sonnen.

So auch im Fall von NGC 2440. Die beeindruckenden blasenförmigen Nebelschwaden bildeten früher die Hüllen eines Sterns, dessen Kern jetzt nur langsam auskühlt. Der Himmelskörper – als weißer Punkt im Zentrum des Planetarischen Nebels erkennbar – hat seinen Todeskampf hinter sich, bei dem er seine äußeren Gasschichten von sich stieß. Das Material hat nun einen riesigen Kokon um den heißen Reststern gebildet. Ultraviolette Strahlung von der vergehenden Sonne lässt den Nebel in fantastischen Farben glühen.

Der Begriff Planetarischer Nebel geht auf die Astronomen des 18. und 19. Jahrhunderts zurück. Sie beobachteten diese Himmelsobjekte durch kleine Teleskope und stellten eine gewisse Ähnlichkeit zu den Gasplaneten unseres Sonnensystems fest. Wegen der begrenzten Qualität der früheren Fernrohre erkannte man den besonderen Charakter dieser Himmelserscheinung lange Zeit nicht. <<

ASTRONAUTEN

Franzose fliegt mit Spaceshuttle

Léopold Eyharts wird mit dem Spaceshuttle Discovery zur Internationalen Raumstation ISS fliegen. Das gab die Europäische Weltraumorganisation Esa am 13. Februar bekannt. Der französische Astronaut nimmt voraussichtlich an der Shuttlemission STS-122 teil, die im Herbst startet. Nach zwei Monaten auf der Station soll er mit dem Spaceshuttle Endeavour zurückkehren.

Während des Flugs warten umfangreiche Aufgaben auf ihn. Eyharts soll helfen, das europäische Weltraumlabor Columbus in Betrieb zu nehmen. Auch dem deutschen Astronauten Hans Schlegel kommt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle zu (siehe AH 1-2/2007, Kasten S. 22/23 und Interview in diesem Heft, S. 69). Während Schlegel jedoch nach zwei Wochen im All zur Erde zurückkehrt, wird Eyharts das Weltraumlabor längerfristig überwachen.

Eyharts gehört seit 1998 zum europäischen Astronautencorps. Vor neun Jahren flog er für drei Wochen auf die russische Raumstation Mir. <<

ESA, STÉPHANE CORVAJA

Esa-Astronaut Léopold Eyharts

PLANETENSYSTEM

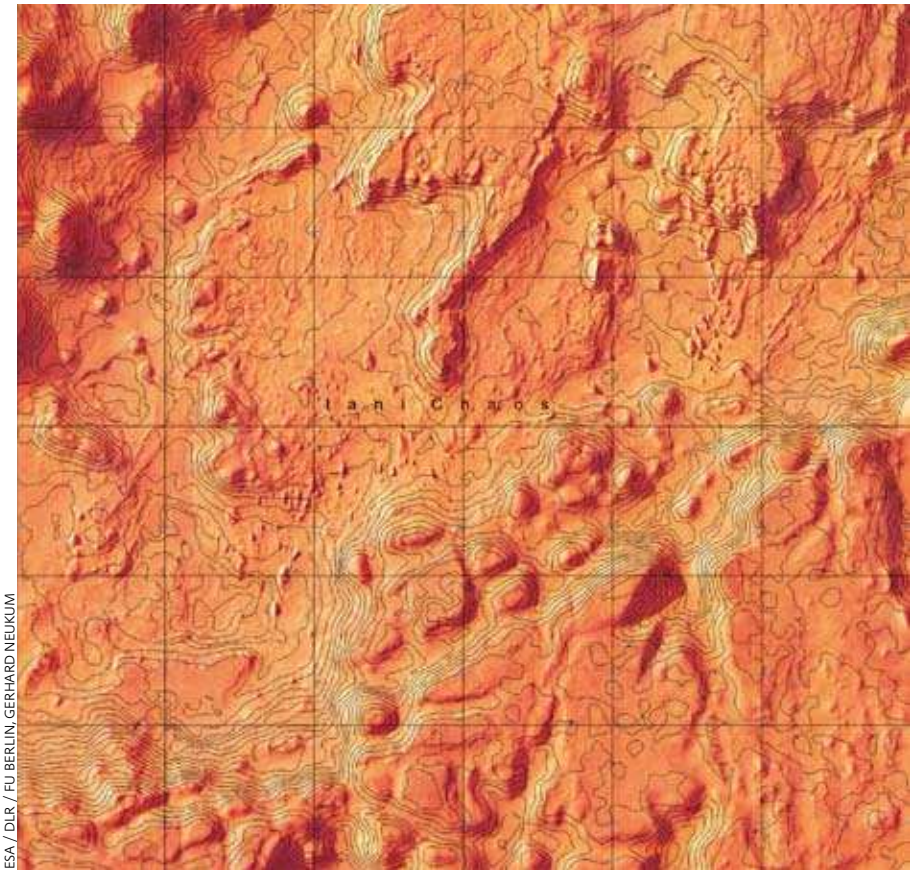
Verirren auf dem Mars wird schwieriger

Deutsche Wissenschaftler haben die ersten »Wanderkarten« vom Roten Planeten erstellt. Diese zeigen die Landschaft in einer Auflösung von bis zu zehn Metern und enthalten Höhenlinien, Beschriftungen und Legenden, die viele Details über die Oberfläche des Planeten verraten. Landschaftsabbildungen dieser Art werden auf der Erde zum Beispiel von Wanderern oder Radfahrern genutzt.

Angefertigt wurden die Karten von Jörg Albertz und Stephan Gehrke vom Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik der TU Berlin. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beteiligte sich an den Arbeiten, die wissenschaftliche Leitung lag bei Gerhard Neukum von der FU Berlin. Albertz und Gehrke verwendeten hoch aufgelöste Bilddaten von der europäischen Raumsonde Mars Express und rechneten diese in topografische Ansichten um.

Die neuen Landkarten zeigen die Iani-Chaos-Region nahe den Valles Marineris. Die Gegend besitzt ein markantes Relief mit Bergen, Tälern, Rinnen und Kratern. Iani Chaos erhielt ihr Aussehen vor langer Zeit durch die Einwirkung von Wasser. Unter dem dortigen Marsboden befanden sich einst große Höhlen voller Eis. Vulkanismus ließ das Eis irgendwann tauen, das Schmelzwasser floss in nördliche Niederungen ab. Dabei entstanden zahlreiche unterirdische Hohlräume und der Boden brach an vielen Stellen ein.

Die Europäer planen, die gesamte Marsoberfläche in Form solcher topografischer Karten abzubilden. Der Maßstab dabei soll 1:200000 betragen. Das entspräche mehr als 10000 Kartenblättern mit je 83 Zentimeter Breite und 70 Zentimeter Höhe. Dieses Vorhaben ließe sich aber nur als gesamteuropäisches Projekt durchführen und wird noch diskutiert. Mit Hilfe eines solchen Kartenwerks wäre es etwa möglich zu entscheiden, wo künftige Landemissionen aufsetzen sollen. <<



ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

Die neuen Marskarten zeigen viele Details. Hier zu sehen ist ein Ausschnitt mit dem Maßstab 1:50000. Der Unterschied zwischen den Höhenlinien beträgt fünfzig Meter.

NASA

MAGNETOSPHÄRE

Mission Themis erfolgreich gestartet

Am Abend des 17. Februar startete eine Delta-II-Rakete vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral aus erfolgreich ins All. An Bord befanden sich die fünf identischen Sonden Themis. Sie sollen helfen, die Entstehung von Polarlichtern besser zu verstehen. Themis steht für Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms.

Es war das erste Mal, dass eine Trägerrakete fünf baugleiche Forschungssatelliten ins All brachte. Rund zwei Stunden nach dem Start meldete das Bodenpersonal den hergestellten Funkkontakt zu allen fünf. Die Satelliten bringen sich jetzt in Position. Auf ihren endgültigen Umlaufbahnen werden sie alle vier Tage in einer Linie zwischen Erde und Mond stehen, wobei ihre Abstände von uns zwischen 60000 und 200000 Kilometer betragen werden.

Mit dieser Anordnung wollen die Wissenschaftler herausfinden, wie die so genannten magnetosphärischen Substürme entstehen. Diese treten alle vier Tage in Erscheinung und beeinflussen Gestalt und Dynamik der Polarlichter. Sie sind nicht so intensiv wie Sonnenstürme, aber auch bei ihnen handelt es sich um schnelle Teilchen, die in der Nähe der Erdpole spektakuläre Leuchterscheinungen produzieren.

Eine These besagt, dass die Teilchen der magnetosphärischen Substürme in rund 50000 Kilometer Höhe durch Turbulenzen im irdischen Magnetfeld beschleunigt werden. Andere Forscher sehen die Ursache der Stürme in einer Umordnung von Magnetfeldlinien – magnetische Rekonnektion genannt –, die sich etwa 100000 Kilometer von der Erde entfernt abspielt. Themis soll Messdaten liefern, aus denen die Wissenschaftler – darunter Forscher der TU Braunschweig sowie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften – ableiten können, welche von den beiden Vermutungen zutrifft. <<

Fünf auf einen Streich Um 18.01 Uhr Ortszeit hob die Delta-II-Rakete mit den Themis-Satelliten von Cape Canaveral ab. Themis ist nicht nur eine Abkürzung, sondern auch der Name der griechischen Göttin der Gerechtigkeit und Ordnung.

STEINE AUS DEM ALL

Meteorit soll Wüstenbewohner erschlagen haben

Am 8. Februar dieses Jahres sollen in der indischen Provinz Rajasthan um 9.30 Uhr Ortszeit zwei Nomaden von einem zunächst vermeintlich unbekannten Flugobjekt erschlagen, fünf weitere verletzt worden sein. Wie die indische Nachrichtenagentur »Press Trust of India« meldete, sei der Verursacher ein Meteorit, der am Boden explodiert sei und dort einen Krater hinterlassen habe.

Doch wie glaubwürdig ist diese Geschichte? Fakt ist, dass täglich mehrere Tonnen Meteoriten auf die Erde treffen, wobei die meisten davon aber in der Erdatmosphäre verglühen. Nicht zuletzt belegen große Meteoritenkrater wie der Barringer Crater in Arizona oder das Nördlinger Ries sowie etliche Aufnahmen von Videoamateuren aus den USA, dass Kollisionen von Himmelskörpern mit der Erde gar nicht so ungewöhnlich sind (siehe auch S. 60).

Dass aber ausgerechnet zwei Menschen inmitten einer Wüste von einem Meteoriten getroffen worden sein sollen, klingt dann auf den ersten Blick allerdings recht unwahrscheinlich. Zweifel sind auch deshalb angebracht, weil der Internet-Nachrichten-Service »Calcutta News« im Gegensatz zu »Press Trust of India« von drei Toten berichtete. Zudem gab »Calcutta News« die Abmessungen des Kraters mit 20 bis 25 Zentimeter Durchmesser und fünf Zentimeter Tiefe an. Das scheint für einen Meteoriteneinschlag doch ein ziemlich mickriges Loch zu sein.

Wenn hier tatsächlich ein Stein aus dem All niedergegangen und »explodiert« wäre und dazu noch zwei Menschen erschlagen hätte, müsste der Krater deutlich breiter und tiefer ausfallen. Und ganz im Gegensatz zu dem, was »Press Trust of India« meldete, geht die örtliche Polizei nicht davon aus, dass ein Körper aus dem All das Unglück verursacht hat. »Wir wissen, dass es dort eine Explosion gegeben hat, aber angesichts des Kraters scheint es nicht so, als wäre ein Meteorit dafür verantwortlich gewesen«, sagte ein Polizeisprecher. <<

Manfred Holl arbeitet für diverse Zeitschriften und gestaltet den »Sternkieker«, das Vereinsblatt der GvA Hamburg.

EXOPLANETEN

Heiße Luft auf fernem Sternbegleiter

Neue Daten über die Atmosphäre des Exoplaneten HD 209458b hat das Weltraumteleskop Hubble geliefert. Der Himmelskörper im Sternbild Pegasus wurde 1999 entdeckt, als er vor seinem Zentralstern vorbeizog und dessen Helligkeit dabei geringfügig verminderte. HD 209458b war der erste Planet überhaupt, den die Wissenschaftler bei einem solchen Transit-Ereignis entdeckten. Seither wird er von den Astronomen immer wieder ins Visier genommen.

Der Exoplanet gehört zur Klasse der Heißen Jupiter. Er hat etwa die Maße der großen Gasriesen in unserem Sonnensystem, umkreist seinen Stern aber auf einer sehr viel engeren Bahn, nämlich im Abstand von nur wenigen Millionen Kilometern. Zum Vergleich: Die Merkurbahn hat einen Radius von etwa 50 Millionen Kilometern.

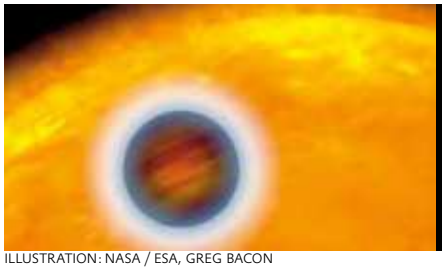


ILLUSTRATION: NASA / ESA, GREG BACON

Bis zu 1400 Grad Celsius herrschen in der Atmosphäre des Exoplaneten HD 209458b. Die äußeren Schichten werden vom Sternwind weggeweht.

Aus diesem Grund ist die Gashülle von HD 209458b enorm heiß und wird durch den intensiven Wind vom Zentralstern allmählich abgetragen. Hubble konnte Ultraviolettstrahlung von dem fernen Planeten einfangen, die aus seiner oberen Atmosphärenschicht stammt. Dort liegt die Temperatur zwischen 800 und 1400 Grad Celsius.

Die Analyse der Hubble-Daten hat jetzt neue Aspekte ergeben. Sauerstoff, Kohlenstoff und Natrium seien in der Atmosphäre von HD 209458b zwar schon früher nachgewiesen worden, aber mit den jetzigen Beobachtungen könne man förmlich dabei zusehen, wie der Planet seine Hülle verliere, erklärte die Leiterin des Teams, Gilda Ballester von der University of Arizona, Tucson.

Dennoch fürchten die Forscher nicht, dass der Planet bald verschwindet. Zwar strömen 10000 Tonnen pro Sekunde ab, aber es dauert noch fünf Milliarden Jahre, bis er vollends »verkocht« ist. <<

SONNENFORSCHUNG

Die Sonne im Visier

Die Weltraumsonde Ulysses zeigt keine Ermüdungserscheinungen. Vor sechzehn Jahren gestartet, kreist sie noch heute um die Sonne. Am 7. Februar dieses Jahres warf sie zum dritten Mal einen Blick auf den Südpol unseres Zentralgestirns.

Eigentlich hätte die Ulysses-Mission schon vor zehn Jahren enden sollen. Stattdessen macht die Sonde, die von der Esa und der Nasa gemeinsam betrieben wird, munter weiter. Sie umkreist unsere Sonne einmal in gut sechs Jahren. Dabei bewegt sie sich auf einer Bahn, die sie über die Pole führt. Somit fliegt sie fast senkrecht zur Erdbahnebene. Die Bilder, die Ulysses liefert, sind für die Wissenschaftler interessant, da sie Sonnengebiete zeigen, die von der Erde aus unbeobachtbar sind.

Allerdings wird der Betrieb von Ulysses immer schwieriger. Die Sonde bezieht ihre Energie aus einer kleinen Atombatterie, in der Elektrizität aus dem Zerfall von radioaktiven Isotopen gewonnen wird. Dieser Vorrat ist allmählich erschöpft. Daher lassen sich normalerweise nicht mehr alle Messinstrumente auf der Sonde gleichzeitig betreiben. Doch da sich Ulysses momentan wieder der Sonne nähert, benötigt sie ihre Strom fressenden Heizelemente nicht. Diese werden von den Missionsspezialisten vorübergehend abgeschaltet. Dadurch steht mehr Batteriestrom als sonst zur Verfügung, der sich für den Betrieb der Instrumente nutzen lässt. Beim derzeitigen Überflug des Sonnen-Südpols sind somit alle Messgeräte aktiv. <<

WEISSE ZWERGE

Kometen kreisen um toten Stern

US-Astronomen haben in der Nähe eines Weißen Zwergs große Mengen an Staub nachgewiesen. Das überrascht, denn Forscher erwarten in einer solchen Umgebung eher wenig Material. Der Staub stammt vermutlich von Kometen, die um die Sternleiche kreisen und dabei zusammenstoßen.

Die Wissenschaftler um Kate Su von der University of Arizona, Tucson, beobachteten den Helixnebel (NGC 7293) im Sternbild Wassermann. Er ist ein Planetarischer Nebel (vergleiche S. 10) und entstand, als vor langer Zeit ein sonnenähnlicher Stern unterging. Der Himmelskörper stieß in einer Art letztem Zucken seine Hüllen von sich, sodass diese ins All hinausdrifteten. Sie erscheinen uns heute als diffuses, ringähnliches Gebilde.

Im Zentrum des Helixnebels blieb der heiße Rest des ehemaligen Sterns zurück. Er hat derzeit eine Temperatur von etwa 110 000 Grad und bringt mit seiner Strahlung den Nebel von innen zum Leuchten. Das dabei ausgesendete Licht liegt zum Teil im Infrarotbereich. Deshalb bedienten sich die Forscher des Weltraumteleskops Spitzer, das den Nebel bei infraroten Wellenlängen ablichtete (Foto).

Spitzer registrierte die Wärmestrahlung einer Staubscheibe, die den Weißen Zwerg inmitten des Helixnebels umgibt. Sie erstreckt sich zwischen 5 und 22 Milliarden Kilometern um die Sternleiche. Die Wissenschaftler waren darüber zunächst erstaunt: Als der einstige Stern seine Hüllen abstieß, hätte der Staub in seiner Umgebung eigentlich weggeblasen werden sollen.

Doch inzwischen halten die Forscher es für wahrscheinlich, dass um den Weißen Zwerg immer noch Kometen kreisen, die fortwährend zusammenstoßen und sich dabei aufreiben. Früher könnten sich die Kometen auf stabilen Umlaufbahnen befunden haben, schreiben die Astronomen. Doch als der Stern unterging und sich dabei stark aufblähte, seien die Himmelskörper wahrscheinlich abgedrängt worden. Das würde erklären, warum sie durcheinandergerieten und heute so oft miteinander kollidieren. <<

Der Helixnebel ähnelt einem gigantischen Auge. Die »Iris« besteht aus ehemaligem Sternmaterial. Im Zentrum der »Pupille« sitzt der Weißer Zwerg.

WELTRAUMTELESKOP HUBBLE

Späher im All ist abermals defekt

Wie schon im Juni des vergangenen Jahres ist Ende Januar das Hauptinstrument des Weltraumteleskops Hubble ausgefallen: die »Advanced Camera for Surveys« (ACS). Diesmal jedoch scheint das Problem ungleich schwerwiegender. Die Nasa hat ein Expertenteam eingesetzt, das untersuchen soll, ob die Kamera wieder in Betrieb genommen werden kann.

Das Instrument verfügt über zwei getrennte Elektronik-Pakete zur Steuerung, »Seite 1« und »Seite 2«. Bei den Problemen im vergangenen Jahr (wir berichteten online) wurde auf die zweite Seite umgeschaltet, die als Ersatzsystem dient.

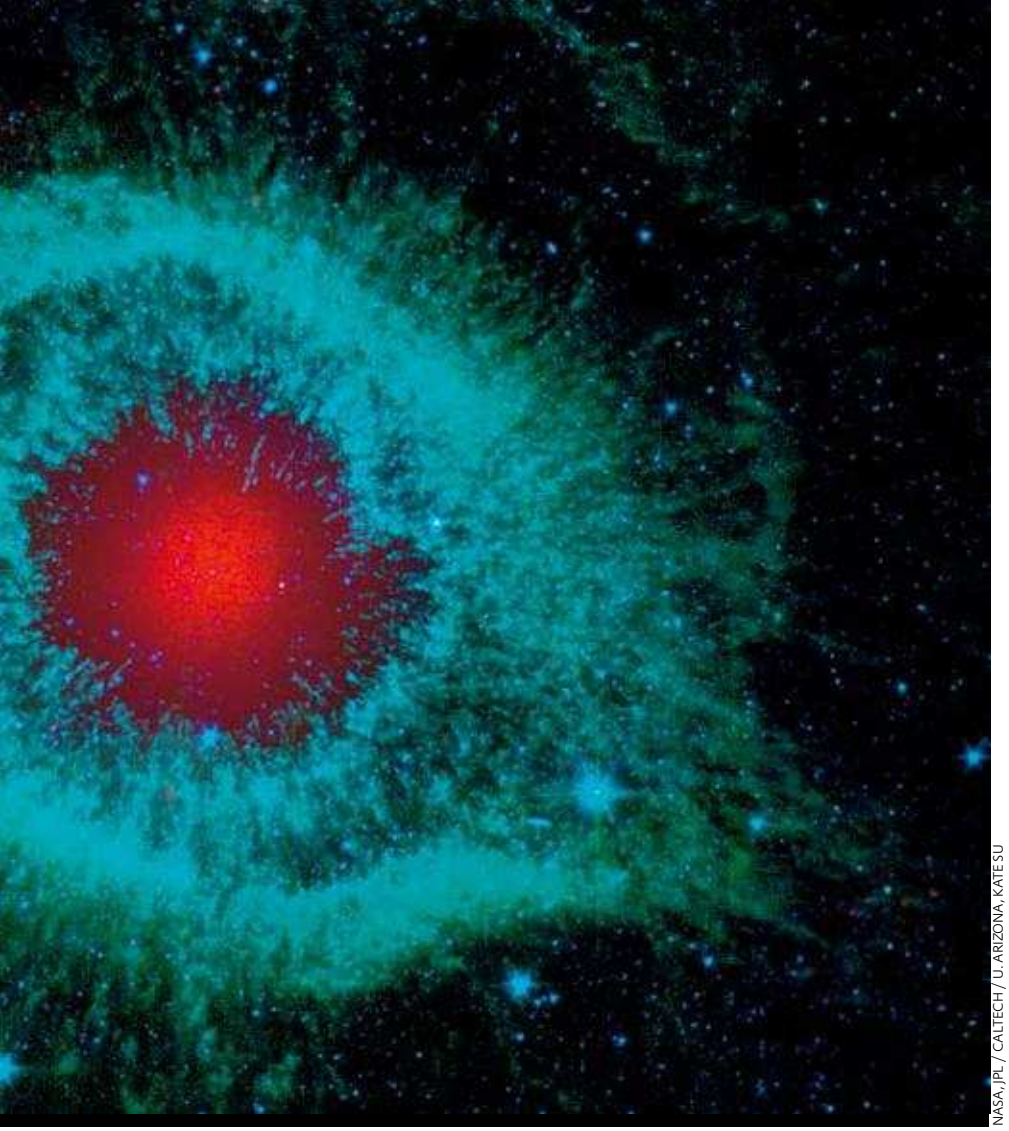
Am 27. Januar hat sich aus bisher unbekannten Gründen ein Kurzschluss ereignet, der die Kamera lahmlegte. Die Ingenieure prüfen derzeit, ob sich dieser beheben lässt oder ob die ACS wieder mit dem Seite-1-Elektroniksystem aktiviert werden kann.

Man könne noch nicht sagen, ob sich nun der Zeitplan für die nächste Wartungsmission ändert, teilte der Programm-Manager von Hubble, Preston Burch, mit. Der nächste und letzte Wartungsflug zu dem alternden Weltraumteleskop ist derzeit für September 2008 geplant. Er kann maximal sechs Monate vorgezogen werden. Die Empfehlung des Expertenteams soll erst nach Redaktionsschluss dieser Ausgabe vorliegen.

Kurz nach dem Ausfall wurde ein neues Beobachtungsprogramm an Hubble übermittelt, das auf die Weitwinkelkamera WFPC und den Infrarotspektrografen Nicmos zugeschnitten ist. Diese waren bis zum Einbau der ACS im Jahr 2002 die wichtigsten Instrumente des Teleskops. »Auch wenn das einen Schritt zurück bedeutet«, sagt Bob Fosbury, Hubble-Chef bei der Esa, »ist das noch lange kein Game-over für Hubble!« <<

Von Pannen geplagt Auf dem Weltraumteleskop Hubble ist die ACS-Kamera ausgefallen. Nun diskutieren die Experten darüber, ob sie den nächsten Wartungsflug vorziehen sollen.

ILLUSTRATION: ESA



NASA, JPL / CALTECH / U. ARIZONA, KATE SU

MAGNETISCHE JETS

Neues über Gamma-Ausbrüche

Ein Forscherteam hat neue Erkenntnisse über energiereiche Strahlungsquellen im All gewonnen – die so genannten Gammastrahlenausbrüche. Gammastrahlen gehören zum elektromagnetischen Spektrum, genau wie sichtbares Licht. Ihre Photonen besitzen aber eine sehr hohe Energie – höher als die von Röntgenstrahlen.

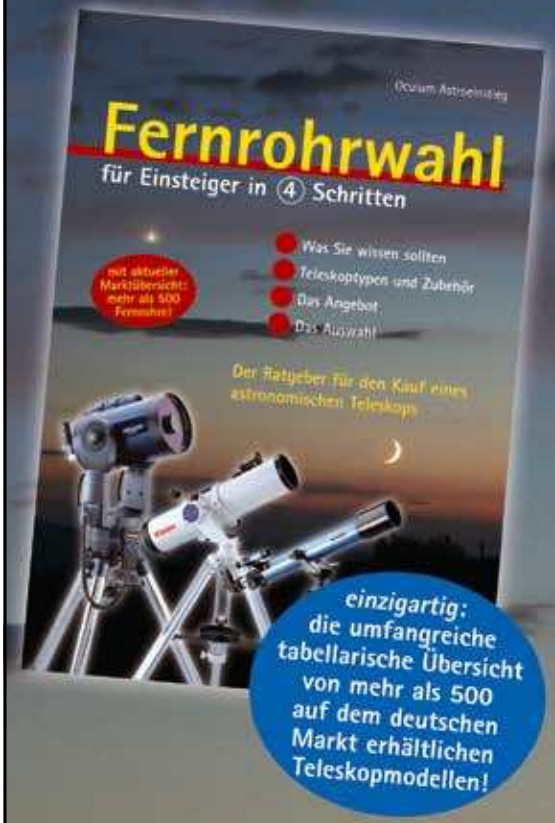
Von Zeit zu Zeit kommt es an verschiedenen Stellen im Weltall zu einer explosionsartigen Freisetzung von Gammastrahlen. Ein solcher Ausbruch dauert nur wenige Minuten. Wie sich in den letzten Jahrzehnten herausstellte, gehen Gamma-Ausbrüche von bestimmten Sternen aus, den Wolf-Rayet-Sternen, wenn diese am Ende ihres Lebens in einer Supernova untergehen (AH 3/2007, S. 32).

Dabei kollabiert das Sterninnere zu einem Schwarzen Loch. Zugleich wird Material in Form zweier gebündelter Strahlen ins All geschleudert. Diese bezeichnen Forscher als Jets. Die Materie darin bewegt sich fast lichtschnell. Bisher nahmen die Wissenschaftler an, dass in den Jets Stoßwellen auftreten, die ihrerseits die Gammastrahlenausbrüche hervorrufen.

Eine internationales Team um den Astronomen Pawan Kumar von der University of Texas stellt nun eine neue These vor. Mit Hilfe des Weltraumteleskops Swift beobachteten die Wissenschaftler zehn Gamma-Ausbrüche, die zwischen Januar 2005 und Mai 2006 auftraten.

Die Forscher fanden heraus, dass die Gammastrahlung in hundertmal größerer Distanz zum Stern entspringt als bisher angenommen. Daraus schließen sie, dass die Jets den Löwenanteil ihrer Energie in Form von Magnetfeldern mitführen. Die Felder geben ihre Energie etwa zehn Milliarden Kilometer vom Schwarzen Loch entfernt ab, dabei entsteht die Gammastrahlung. <<

Der Teleskopkauf-Ratgeber



einzigartig: die umfangreiche tabellarische Übersicht von mehr als 500 auf dem deutschen Markt erhältlichen Teleskopmodellen!

Kein Frust mehr beim Teleskopkauf!

Mit *Fernrohrwahl* liegt erstmals in deutscher Sprache ein Ratgeber für den Kauf des ersten astronomischen Teleskops vor:

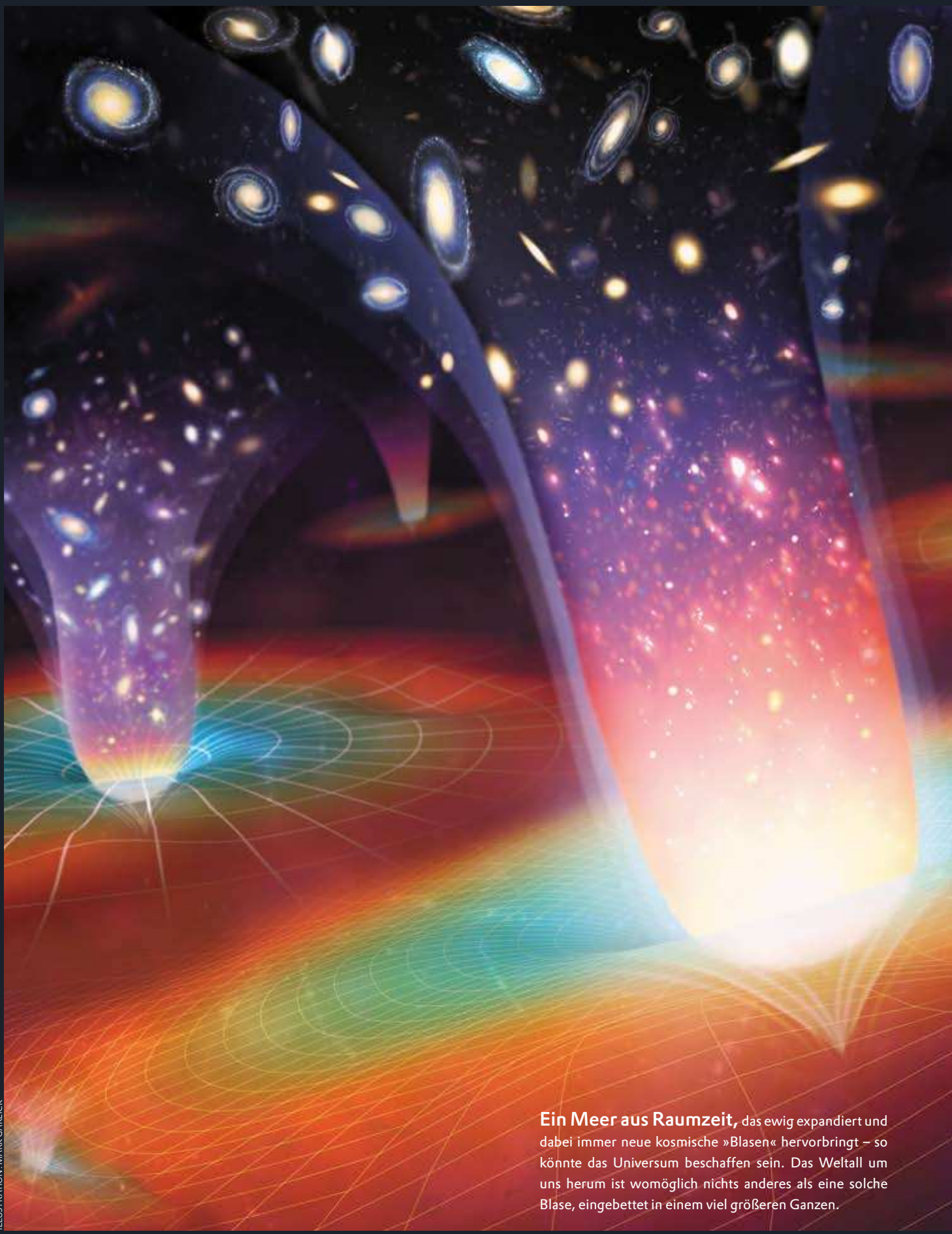
- Vorstellung der einzelnen Fernrohrtypen mit ihren Vor- und Nachteilen
- Besprechung von sinnvollen Auswahlkriterien
- Vorstellung von nützlichem Zubehör
- Erläuterungen wie man die Qualität eines Fernrohrs schnell beurteilt
- ausführliche Besprechung der 20 beliebtesten Einsteigergeräte

160 Seiten, 110 Grafiken und Fotos, 29 Tabellen, Softcover, 21cm × 15cm, durchgehend farbig, ISBN 978-3-938469-11-8

nur 17,90 Euro

Oculum-Verlag GmbH, Westl. Stadtmauerstr. 30a, D-91054 Erlangen • bestellung@oculum.de Tel.: 09131/970694 • Fax: 09131/978596

OCULUM



Ein Meer aus Raumzeit, das ewig expandiert und dabei immer neue kosmische »Blasen« hervorbringt – so könnte das Universum beschaffen sein. Das Weltall um uns herum ist womöglich nichts anderes als eine solche Blase, eingebettet in einem viel größeren Ganzen.

ILLUSTRATION: MARK GARLICK

Woher kam alles?

Ist das Universum aus dem Nichts entstanden? Vielleicht ja, sagt die moderne Kosmologie.

>> Anthony Aguirre

Unser Weltall ist überwältigend groß und komplex. Abermilliarden Sterne formieren sich zu unzähligen Galaxien von unterschiedlichsten Formen. Die Galaxien klumpen zu Haufen zusammen, die wiederum Filamente mit einer Länge von vielen hundert Millionen Lichtjahren bilden.

Die Kosmologie – unser Versuch, die Herkunft und Entwicklung des Universums zu begreifen – war lange Zeit ein Tummelplatz für Geschichtenerzähler und Philosophen. Erst in den letzten hundert Jahren ist sie zu einer echten Naturwissenschaft geworden. Die Kosmologen haben allmählich immer ausgereiftere Theorien erarbeitet. Mittlerweile können sie das, was die Astronomen beobachten, recht gut erklären. Die Kosmologie ist inzwischen so leistungsfähig, dass sie darangehen kann, eins der größten Rätsel zu lösen: Wo hat alles seinen Ursprung?

Es bedarf einiger Kühnheit, um diese Frage überhaupt zu stellen – geschweige denn die Antwort darauf zu suchen. Seien wir hier aber ein bisschen frech und stellen die Frage noch dreister: Wie würden wir ein Universum erschaffen, wenn wir das nötige physikalische Wissen, die erforderlichen Werkzeuge und genügend Zeit hätten? Wie könnte es uns gelingen, Milliarden von Galaxien, Sternen und Planeten herzustellen?

Zum Glück ist unsere Aufgabe wesentlich einfacher, als es zunächst den Anschein hat. Wir können uns zu Nutze machen, dass all die Komplexität, die wir um uns herum sehen, aus einem unglaublich einfachen, frühen Stadium hervorgegangen ist – eine Erkenntnis, die die Kosmologen sich schwer erkämpfen mussten.

Wir haben Beweise dafür, dass unser Universum vor etwa 13,7 Milliarden Jahren mit einem heißen Plasma gefüllt war, das mehrere Milliarden Grad aufwies und in dem ein riesiger Strahlungsdruck herrschte. Das Weltall war, von winzigen Dichteschwankungen abgesehen, vollkommen gleichförmig und dehnte sich rasch aus; alle zwölf Minuten verdoppelte sich seine Größe. Etwa 370 000 Jahre später hatte sich das Plasma so weit abgekühlt, dass es in ein normales Gas überging – die elektrisch geladenen Elektronen und Atomkerne schlossen sich zu Atomen zusammen.

Während der folgenden Zeitalter entwickelten sich aus den anfänglich winzigen Dichteschwankungen nach und nach Materiestrukturen. Da, wo zunächst nur geringfügig mehr Material war als anderswo, wirkte eine etwas höhere Schwerkraft. Folglich sammelte sich an dieser Stelle weiteres Material, wodurch die Schwerkraft dort noch größer wurde und so weiter. Auf diese Weise klumpten sowohl die normale als auch die (wesentlich häufigere) Dunkle Materie allmählich zu Galaxien zusammen.

Gleichzeitig verringerte sich die mittlere Materiedichte im All infolge der kosmischen Expansion. Deshalb hatte die Gravitation einen immer geringeren Einfluss auf die großräumige Struktur des Kosmos. Stattdessen trat die mysteriöse Dunkle Energie in den Vordergrund, die der Schwerkraft entgegenwirkt (siehe AH Juni 2006, S. 12).

Auch wenn dieses Bild Lücken aufweist – wir wissen zum Beispiel noch nicht, worum es sich bei der Dunklen Materie und der Dunklen Energie eigentlich handelt –, sind wir bereits ein gutes Stück bei der Lösung unserer Aufgabe vorangekommen. Wir müssen nur einen heißen, gleichförmigen Brei aus Partikeln und Strahlung herstellen; die Gesetze der Physik werden den Rest dann schon erledigen.

Was war am Anfang?

Die Theorie, die diesem Szenario zu Grunde liegt, ist als Urknallmodell bekannt. Viele glauben, dass sich die Urknalltheorie mit dem Anfang des Universums oder mit einer ursprünglichen Explosion befasst – aber das ist ein Irrtum. Sie sagt uns lediglich, wie das einstige heiße Gebräu sich entwickelte. Aber woher kam jene Ursuppe? Zwei Rätsel, die mit dieser Frage etwas zu tun haben, will ich im Folgenden vorstellen.

Erstens: Wenn wir mit dem Urknall-Modell immer weiter in der Zeit zurückgehen, um zu untersuchen, welche Bedingungen im frühen Weltall herrschten, dann kommen wir irgendwann an einen Punkt, wo Dichte und Temperatur unendlich hoch werden. Sämtliche physikalischen Berechnungen werden unmöglich und die uns bekannten Naturgesetze gelten nicht mehr.

Zweitens: Wo ist das ganze Plasma hergekommen? Kann der komplette Inhalt des Universums aus dem Nichts ent- >

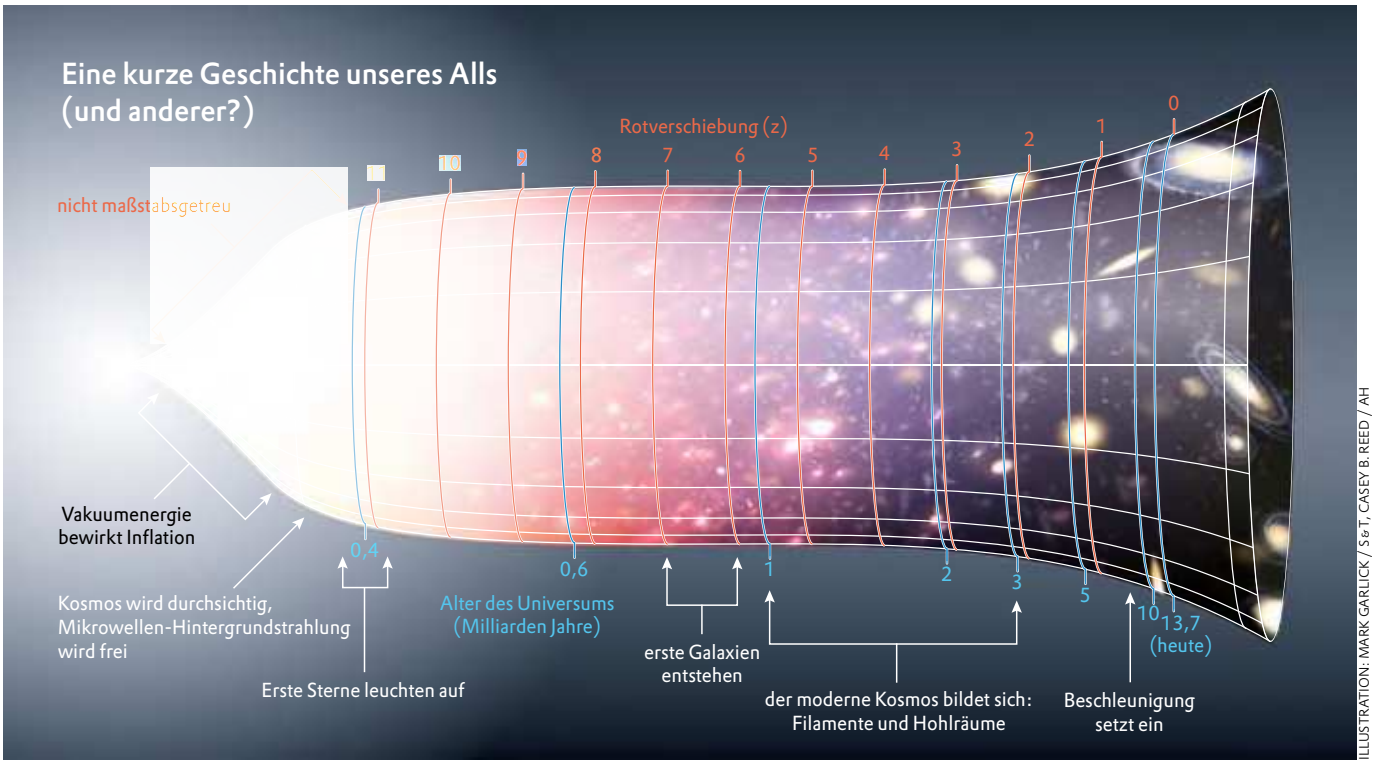


ILLUSTRATION: MARK GARLICK / S & T, CASEY B. REED / AH

Wie ein Trichter Das All dehnte sich nach seiner Entstehung unaufhörlich aus – erst explosionsartig, dann gemächlicher. In neuerer Zeit beschleunigt sich die Expansion wieder.

> standen sein? Die Frage klingt sehr schwierig – und sie ist es auch –, aber wir müssen sie beherzt angehen.

Die Idee, ein komplettes Universum aus dem Nichts zu erschaffen, klingt zunächst absurd. In unserem täglichen Leben sehen wir, dass Materie stets erhalten bleibt. Sie kann zwar ihre Form ändern, aber sie taucht weder von nirgendwo auf noch verschwindet sie einfach so.

Physiker wissen seit Langem, dass die Gesamtenergie im Universum erhalten bleibt. Einsteins berühmte Gleichung $E = mc^2$ besagt, dass Masse und Energie untereinander austauschbar sind. Deshalb gibt es für Materie und Energie keine unterschiedlichen Erhaltungssätze: Für beide gilt das Gesetz von der Energieerhaltung.

Man sollte meinen, dass dieses Gesetz doch eigentlich hieb- und stichfeste Argumente gegen die Erschaffung eines Universums liefern müsste. Wenn die Gesamtenergie gleich bleibt, dann kann das Universum, das jede Menge Energie enthält, doch nicht aus dem Nichts entstanden sein!

Trügerische Gewissheit

So logisch dieses Argument klingt – fast alles daran ist falsch. Erstens: Die Energie bleibt nicht immer erhalten. Zweitens: Das Universum könnte mit wenig oder überhaupt keiner Gesamtenergie begonnen haben. Drittens: Auch das Nichts kann von Energie erfüllt sein! Wir wollen diese erstaunlichen Aussagen einmal der Reihe nach durchgehen.

Zunächst einmal sind die Energie und ihre Erhaltung nicht absolut festgeschrieben – weder in Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie (die den Raum, die Zeit und die Struktur des Universums als Ganzes beschreibt) noch in der Quantentheorie (die die Physik auf kleinsten Längenskalen umfasst). In der Allgemeinen Relativitätstheorie bleibt die Energie eines Photons nur konstant, wenn sich die Geometrie des umgebenden Raums nicht ändert – so, wie wir es aus unserem Alltag kennen. Ein Photon aber, das sich zwischen Galaxien bewegt, verliert wegen der kosmischen Expansion sehr wohl Energie. Daher verschiebt sich seine Wellenlänge allmählich zu größeren Werten. Astronomen können diese »Rotverschiebung« an Photonen, die aus fernen Galaxien kommen, tatsächlich beobachten.

In der Quantenphysik kann die Energie eines Objekts innerhalb extrem kurzer Zeiträume schwanken, wie man an der Radioaktivität gut zeigen kann. Obwohl ein Uranatom eigentlich nicht zerfallen dürfte, weil die Bestandteile seines Kerns fest aneinander gebunden sind, können wir den Zerfall solcher Atome jederzeit beobachten. Der Grund: Im Zuge von Quantenfluktuationen kann ein Kernteilchen spontan und unvermittelt so viel Energie erlangen, dass es die Bindung überwindet und entkommt. Dieser Prozess ist als Tunneleffekt bekannt.

Zweitens bedeutet »wenig oder keine Energie« nicht notwendigerweise auch »wenig oder keine Materie«, denn Ener-

GLOSSAR

Kosmische Inflation: Ein Prozess, der das junge Universum explosionsartig wachsen ließ. Heutigen Vorstellungen zufolge vollzog sich die kosmische Inflation in den ersten Sekundenbruchteilen des Universums. Das All blähte sich dabei etwa um den Faktor 10^{30} (eine Quintillion) auf. Die Inflation endete vermutlich schon nach 10^{-35} Sekunden; danach expandierte der Kosmos langsamer.

Multiversum: Ein Begriff mit wechselnder Bedeutung. Hier ist damit eine Vielzahl von kosmischen Blasen gemeint, die zusammen ein großes Ganzes ergeben. Das Wort »Multiversum« lehnt sich an »Universum« an, »multi« ist lateinisch und bedeutet »viele«.

Woher wir wissen, was wir wissen

Mittlerweile sind wir uns ziemlich sicher, wie die Entwicklung des Kosmos in groben Zügen ablief – viel sicherer als noch vor zehn Jahren. Aber woher nehmen wir diese Gewissheit?

Viele unserer Erkenntnisse sind mehrfach und auf unterschiedlichen Wegen bestätigt worden. So verfügen Astronomen und Kosmologen über drei unabhängige Beweise dafür, dass vier bis fünf Prozent des Universums aus »normaler« Materie – etwa Protonen und Neutronen – bestehen. Als Erstes haben sie die beobachtete Menge an kosmischem Deuterium (Wasserstoffatome, die je ein Neutron enthalten) mit den theoretischen Vorhersagen des Urknallmodells verglichen. Zweitens haben sie die Masse der intergalaktischen Gaswolken – die häufigste Erscheinungsform normaler Materie – geschätzt, indem sie auf spektroskopische Beobachtungen von Wasserstoff zurückgriffen. Drittens haben sie die Temperaturschwankungen in der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung untersucht, wie sie zuletzt vom Nasa-Satelliten WMap gemessen wurde. Diese Schwankungen verraten etwas über die großräumige Verteilung der normalen Materie, der Dunklen Materie und der Dunklen Energie.

Die Ergebnisse dieser drei verschiedenen Ansätze stimmen bemerkenswert gut überein, und das zeigt uns, dass wir so falsch nicht liegen können. Auf ähnliche Weise – also mit verschiedenen Methoden, die sich gegenseitig bestätigen – haben wir noch vieles mehr über die Dunkle Materie und die Dunkle Energie herausgefunden. Alle diese Untersuchungen zusammen ergeben heute eine sehr solide und in sich schlüssige Theorie, nämlich das kosmische Standardmodell. <<

gie kann ebenso negativ wie positiv sein. Zum Beispiel liefert die Gravitation einen negativen Beitrag zur Gesamtenergie von zwei Objekten, wenn diese sich einander nähern. Wenn ein Stein nach unten fällt, gewinnt er positive kinetische Energie (Bewegungsenergie) hinzu, erhält zugleich aber eine genauso große Menge an negativer Gravitationsenergie. Und wegen der Beziehung $E = mc^2$ ist negative Energie äquivalent zu negativer Masse. Würde man das Gesamtgewicht zweier Felsen mit einer extrem genauen Waage ermitteln, dann stellte man fest: Es ist etwas geringer, wenn die Felsen dicht beeinander sind, und etwas höher, wenn sie einen großen Abstand zueinander haben.

Drittens besagt die Quantentheorie, dass auch der leere Raum Energie enthält, nämlich die Vakuumenergie, die experimentell über den so genannten Casimir-Effekt (Kasten S. 21) nachgewiesen wurde. Während der letzten zehn Jahre haben Beobachtungen von fernen Supernovae und Messungen der kosmischen Hintergrundstrahlung gezeigt, dass die Vakuumenergie drei Viertel der kosmischen Gesamtenergie ausmacht!

Immer schneller auseinander

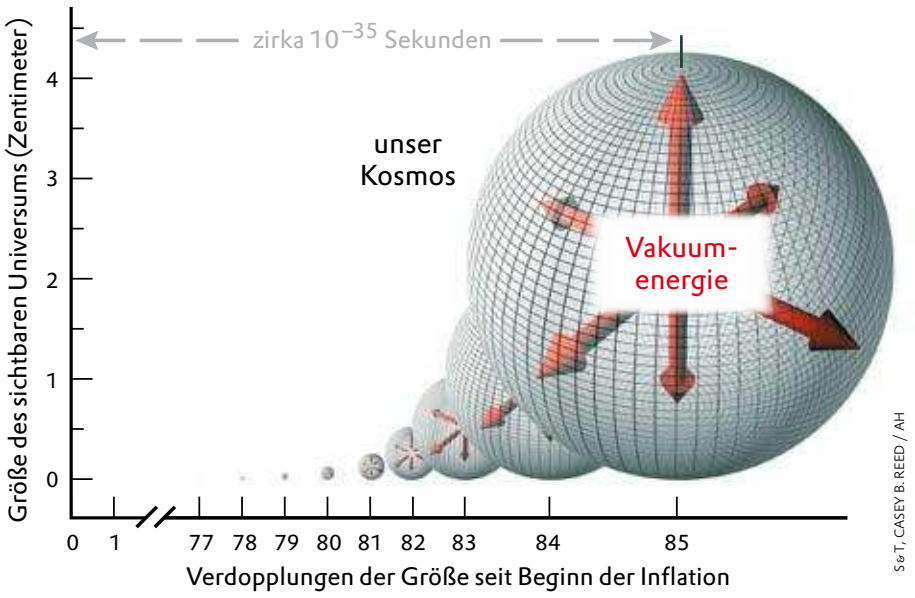
Einstein zufolge hat die Vakuumenergie eine abstoßende Wirkung, tritt also als eine Art Antigravitation in Erscheinung. Wenn es genug Vakuumenergie gibt, um die Schwerkraft aller Materie zu überwinden, dann dehnt sich das All mit wachsendem Tempo aus – man sagt, es expandiert beschleunigt. Genau diese Art von Ausdehnung scheint derzeit im Kosmos einzusetzen, wie Astronomen beobachtet haben.

Ein Universum aus dem Nichts zu erschaffen ist also vielleicht gar nicht so unwahrscheinlich, wie es sich zunächst anhört. Kosmologen haben dafür das folgende plausible Szenario ausgearbeitet.

Stellen wir uns einmal eine kleine Raumregion vor, die »leer« ist. Wie eben erörtert, wird sich diese Region beschleunigt ausdehnen (auf Grund der abstoßenden Wirkung der Vakuumenergie). Wenn sie viel Vakuumenergie enthält, wird sie rasch auf ein enormes Volumen anschwellen – voll von leerem, aber energiegeladenem Raum. Handelt es sich hier um eine Verletzung des Energieerhaltungssatzes oder vielmehr um eine präzise Auslöschung von positiver und negativer Energie, die während des gesamten Vorgangs aufrechterhalten wird? Die Allgemeine Relativitätstheorie gibt hierüber keine exakte Auskunft, aber sie besagt, dass solche Dinge passieren.

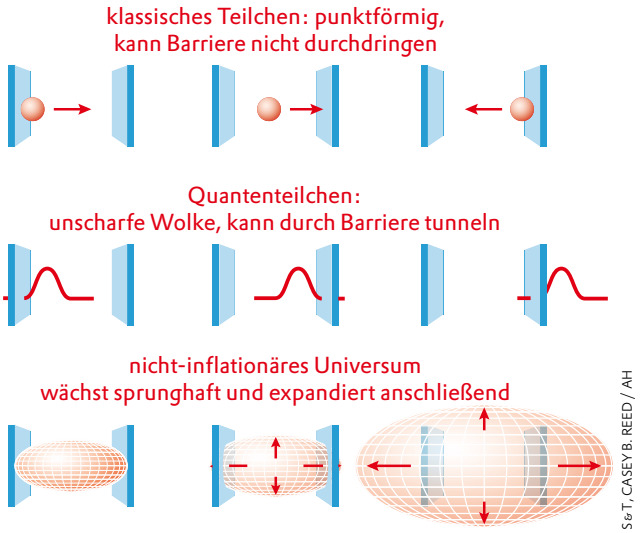
Die Vakuumenergie ihrerseits könnte sich in Raum und Zeit verändern. Sie könnte sich zum Beispiel in Strahlung umwandeln, wobei eine extrem heiße Raumregion entstünde, die nun langsamer expandieren und dabei abkühlen würde. Ein Teil der Strahlung könnte sich in normale Materie verwandeln, ein anderer in Dunkle Materie. Das ganze brodelnde Gemisch könnte allmählich kälter werden und schließlich so aussehen wie unser Universum vor 13,7 Milliarden Jahren.

Inzwischen wissen wir, dass es sich wirklich so zugetragen haben kann. In den frühen 1980er Jahren entwickelten amerikanische und sowjetische Kosmologen die Inflationstheorie (siehe AH Januar / Februar 2006, S. 24). Ihr zufolge >

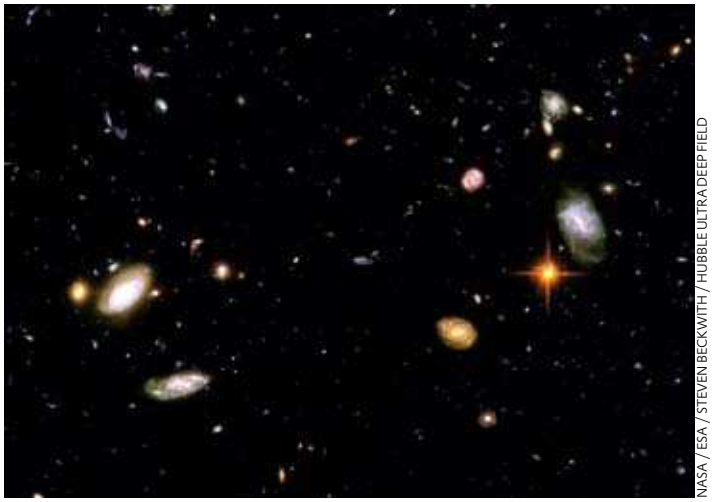


Die kosmische Inflation blähte das Weltall gewaltig auf. Innerhalb von 10^{-35} Sekunden verdoppelte sich die Größe des Alls mindestens 85-mal, verursacht durch die Vakuumenergie.

S & T, CASEY B. REED / AH



S & T, CASEY B. REED / AH



NASA / ESA / STEVEN BECKWITH / HUBBLE ULTRA DEEP FIELD

Ein Quantenteilchen hat, anders als ein klassisches Teilchen (links oben), keinen eindeutigen Aufenthaltsort (links Mitte). Stattdessen besitzt es eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit: Innerhalb eines bestimmten Gebiets kann es überall sein. Dadurch kann es spontan von einer Seite einer Barriere auf die andere wechseln – der Tunneleffekt. Ähnlich könnte ein Universum unvermittelt wachsen und dann inflationär expandieren (links unten), bis es eines Tages ein Weltall wie unseres hervorbringt (rechts oben).

> erlebte das Universum eine sehr frühe und kurze Phase eines rasanten exponentiellen Wachstums, das von der Vakuumenergie angetrieben wurde. Schon in den 1980er Jahren glaubten die meisten Forscher, dass das frühe Universum superheiß, superdicht und sehr gleichförmig gewesen sein müsse. Doch sie hatten keine Erklärung, wie dieser spezielle Zustand entstanden sein könnte. Das änderte sich, als Alan Guth – jetzt am Massachusetts Institute of Technology (MIT, Cambridge, USA) – überzeugend darlegte, dass eine inflationäre Ausdehnung exakt zu einer solchen Situation führt.

Außerdem trifft die Inflationstheorie zwei wichtige Vorhersagen: Die Geometrie des Universums müsste im sehr großen Maßstab flach sein und das frühe Universum müsste Dichteschwankungen nach einem ganz bestimmten statistischen Modell aufgewiesen haben. Beide Vorhersagen haben sich bestätigt, zuletzt mit Hilfe hochpräziser Messungen der Nasa-Sonde WMap (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Die Inflationstheorie hat diese und zahlreiche andere Tests mit Bravur bestanden; derzeit gibt es keine altervative Theorie, die auch nur annähernd so gut funktioniert (siehe AH März 2006, S. 20).

Die Inflationstheorie hat tief greifende Auswirkungen, denn sie verändert unsere Vorstellung davon, wie das Universum auf großen Längenskalen strukturiert ist. Unser Blick ist begrenzt: Wir sehen nur die Teile des Universums, deren Licht uns in der Zeit seit dem Ende der Inflation erreichen konnte (AH März 2007, S. 9). Aber warum sollte die kosmische Entwicklung nur genau so viel Weltraum erschaffen haben und nicht mehr?

Ein endloses Aufplustern

Tatsächlich muss die Inflation, wenn man unser sichtbares All damit erklären will, Dutzende oder Hunderte von ähnlich großen Bereichen hervorgebracht haben, die allesamt in einem viel größeren Ganzen eingebettet sind. Ihre genaue Zahl hängt davon ab, wie lange die inflationäre Ausdehnung des Universums anhält. Und das könnte ewig sein!

Warum? Die Vakuumenergie ist an verschiedenen Orten im Universum unterschiedlich groß, außerdem verändert sie sich mit der Zeit – beides auf Grund von Quantenfluktuationen. Deshalb endet die Inflation an verschiedenen Stellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Jene Schwankungen haben auch die Dichteunterschiede im All hervorgebracht, aus denen die Galaxien hervorgingen. Diese Erkenntnis führte bald zu dem wichtigen Schluss: Weil Quanteneffekte immer und überall auftreten, muss es im Universum jederzeit Regionen geben, die inflationär expandieren.

Das Universum könnte also ein endloser und ewig expandierender Ozean aus Raumzeit sein, der unausgesetzt neue kosmische »Blasen« hervorbringt, in denen die inflationäre Ausdehnung zu einem Ende gekommen ist. Von innen betrachtet könnte so eine Blase wie unser eigenes frühes Weltall aussehen. Vielleicht entstehen darin irgendwann Lebewesen, die vage ahnen – aber niemals beobachten können –, dass es unendlich viele Blasen gibt, die in Raum und Zeit sehr weit voneinander entfernt sind.

Jene »Einzelkosmen« könnten sich stark voneinander unterscheiden. Die Stringtheorie – zurzeit der meistversprechende Kandidat für eine Theorie, die alle Naturkräfte vereinigt – liefert sehr viele Antworten auf die Frage, wie die Physik in einem nach-inflationären Weltall aussehen könnte. Die elektromagnetische Kraft könnte zum Beispiel schwächer sein, als wir sie kennen – oder auch stärker. Die Protonen oder Neutronen könnten eine andere Masse haben oder überhaupt nicht existieren. Kurz: Die Inflation kann kosmische Blasen hervorbringen, in denen sehr unterschiedliche physikalische Gesetze herrschen. Falls diese Ideen richtig sind, dann haben wir es auf ganz großen Längenskalen mit einem echten »Multiversum« zu tun, das eine riesige Vielfalt beherbergt und eine unendliche Ausdehnung besitzt.

Diese Vorstellung ist für die Wissenschaftler ein Albtraum. Um ein kosmologisches Modell zu bestätigen, müssen wir das beobachtbare Universum mit einem theoretisch vorhergesagten vergleichen. Aber welches von den vielen möglichen Universen sollen wir für den Vergleich heranziehen? Dieses Problem

ließe sich umgehen, wenn wir auch die anderen kosmischen Blasen beobachten könnten. Aber die sind so weit weg, dass wir schneller als Licht reisen müssten, um sie zu erreichen. Alles, was uns bleibt, ist zu fragen, ob die jeweilige Blase innerhalb der Theorie überhaupt realisierbar ist (Sagt die Theorie vorher, dass sie irgendwo im Multiversum existiert?) und ob sie wahrscheinlich ist (Gehört sie zu denjenigen, die im Multiversum häufig auftreten?).

Wie wir sahen, könnte die Vakuumenergie einen kleinen Anfangskeim zu einer unendlichen Zahl von Blasen »aufgeschäumt« haben – eine fantastische Möglichkeit. Das zieht aber gleich die Frage nach sich: Woher kam der Keim?

Hier sind wir auf Spekulationen angewiesen. Wenn man erforschen möchte, was während des Urknalls oder davor passierte, benötigt man eine Theorie der Quantengravitation, die Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie mit der Quantentheorie vereint. Eine solche »Theorie von allem« haben wir aber noch nicht und unsere beste Kandidatin hierfür, die Stringtheorie, gibt bislang keine klaren Antworten auf unsere Fragen.

Eine amüsante Möglichkeit besteht darin, dass eine andere Zivilisation unser Universum erschaffen hat. Guth und Edward Fahi vom MIT haben als Erste berechnet, dass ein brauchbarer kosmischer Keim nur ein paar Kilogramm schwer sein müsste. Gleichzeitig erkannten sie, dass so ein »Saatkorn«, wenn man es in einem Labor herstellen würde, unweigerlich zu einem Schwarzen Loch kollabierte.

Einen Keim für die Inflation, so viel wissen wir, kann man nur mittels eines quantenmechanischen Zufallsprozesses erzeugen. Dabei ist aber noch vieles unklar. Wenn man ihn zum Beispiel in einem Labor herstellt – darf dieses klein sein oder muss es die Ausdehung des gesamten Universums haben? Mal ganz abgesehen von der Frage, woher das Labor kommen soll.

Es werde Licht

Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass der Keim tatsächlich aus dem Nichts entstand – und zwar nicht etwa aus dem leeren Raum, sondern aus dem völligen Nichts. Alexander Vilenkin von der Tufts University (Massachusetts, USA) und seine Kollegen haben beschrieben, wie ein kleines, nicht-inflationäres Universum mittels des Tunneleffekts plötzlich etwas größer wird und sich anschließend inflationär ausdehnt. Wenn die Größe des ursprünglichen Zustands exakt null wäre, dann würde das inflationäre Universum aus dem Nichts heraus entstehen! Diesen Vorgang haben wir aber bei Weitem noch nicht verstanden. Wir fragen uns zum Beispiel, ob das Nichts den Gesetzen der Physik unterworfen ist. Außerdem: Woher weiß das Universum, wann es tunneln soll, wenn es weder Raum noch Zeit gibt?

Eine dritte Antwort auf die Frage, woher der Keim für die kosmische Inflation kam, besagt schlicht und einfach, dass die Frage falsch gestellt ist. Denn sie entspringt unserem Denken und unserem Erfahrungshorizont: So gehen wir selbstverständlich davon aus, dass es Kategorien wie »Raum« und »Zeit«, »vorher« und »nachher« gibt. Solche Kategorien gab es im Anfangszustand aber nicht. Sie tauchten erst auf, als das Universum in die Expansion übergegangen war.

Diese Argumentation, erstmals vorgebracht von James Hartle (University of California, Santa Barbara, USA) und Stephen Hawking (Cambridge University, England), klingt einleuchtend. Aber sie ist noch nicht ganz ausgereift. Um sie voll zu entfalten, müssen wir – genauso wie bei den anderen Denkansätzen – die Quantengravitation besser verstehen.

Eine vierte Antwort besagt, dass es ganz einfach keinen Anfang gab. Wenn die Inflation ewig weitergeht, warum sollte sie nicht auch schon unendlich lang anhalten? Wie Steven Gratton (Cambridge University, England) und ich berechnet haben, könnte das Universum permanent in einer Art Balancezustand bleiben. Ständig könnten hier und da neue kosmische Blasen entstehen, während die Inflation immer für den nötigen Raum sorgte, um ihnen Platz zu bieten. In diesem Fall würde es keinen Anfang geben: Das Universum würde schlicht und ergreifend ewig existieren.

Die Kosmologen sind bei ihrem Versuch, den Ursprung des Universums zu erklären, schon recht weit gekommen. Wir haben die grundlegenden Strukturen des Universums verstehen gelernt – bis zurück zu einem Zeitpunkt, als das Weltall von heißem, gleichförmigem Plasma erfüllt war. Davor, so vermuten wir, lag eine Phase inflationärer Expansion. Die Inflationstheorie wurde oft bestätigt; sie kann erklären, wie unser Kosmos – und möglicherweise noch viele andere – aus einem kleinen Keim entstand(en). Woher dieser Keim kam – auch dazu haben wir fundierte wissenschaftliche Thesen.

Wir müssen noch die schwierige Frage beantworten, wie alles anfing. Dieses Problem ist mittlerweile jedoch keine Spielwiese für Mystiker und Philosophen mehr, es ist in der Wissenschaft angekommen. Vielleicht finden wir nie die endgültige Antwort. Aber wir sind schon so weit gekommen, dass wir dumm wären, wenn wir jetzt aufgäben. <<

Anthony Aguirre arbeitet an der University of California, Santa Cruz (USA). Er forscht über verschiedene Themen – vom intergalaktischen Staub bis zu den größten Strukturen des Universums.

Wider den gesunden Menschenverstand

Laborexperimente haben gezeigt: Auch das Vakuum enthält Energie. Die Quantentheorie sagt voraus, dass sich im (scheinbar) leeren Raum ständig virtuelle Energiewellen bilden. Wenn man nun zwei Bleche sehr nahe zusammenbringt, können sich zwischen ihnen keine Wellen bilden, deren Wellenlänge größer ist als der Abstand zwischen den Blechen. Folglich gibt es solche Wellen zwischen den Blechen nicht – in freien Raum außerhalb davon aber sehr wohl.

Hieraus resultiert eine Art Unterdruck, der die Bleche zusammenzieht. Dies ist experimentell tatsächlich gemessen worden. Wissenschaftler bezeichnen das Phänomen als Casimir-Effekt.

Ein anderes Phänomen, das dem »gesunden Menschenverstand« zuwiderläuft: Das Gesamtgewicht von zwei Objekten ist umso geringer, je kleiner ihr Abstand zueinander ist. Das sagt die Allgemeine Relativitätstheorie voraus. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Objekte eine Schwerkraft aufeinander ausüben, wodurch sie negative Energie (und damit negative Masse) erlangen. Und dies macht sich umso deutlicher bemerkbar, je dichter sich die Objekte beieinander aufhalten. <<

Die Sonne in 3-D

Die Zwillingssonde Stereo geht gerade in Stellung. Ihre Mission: die Sonne zu untersuchen und uns vor Teilchenstürmen zu warnen.

>> Reinhold Müller-Mellin

Für die Menschen des Altertums war die Sonne eine Gottheit, unveränderlich, vollkommen und ewig, die mild strahlend Leben schuf oder es glühend heiß wieder vernichtete. Und wer es wagte, diese makellose Gottheit anzublicken, musste erblinden. Erst zu Beginn der Neuzeit fingen die Naturforscher an, unser Zentralgestirn näher zu erkunden. So entdeckte Galileo Galilei (siehe Artikel S. 36) Flecken auf der Sonne, die einer Gottheit völlig unwürdig sind, und es ist gerade ein halbes Jahrhundert her, dass das Geheimnis der Energieerzeugung im tiefen Innern der Sonne gelüftet wurde. Das mythische Flair ist somit Vergangenheit, aber der Stern, der unseren Heimatplaneten durch Licht und Wärme am Leben erhält, wartet noch immer mit vielen Rätseln auf.

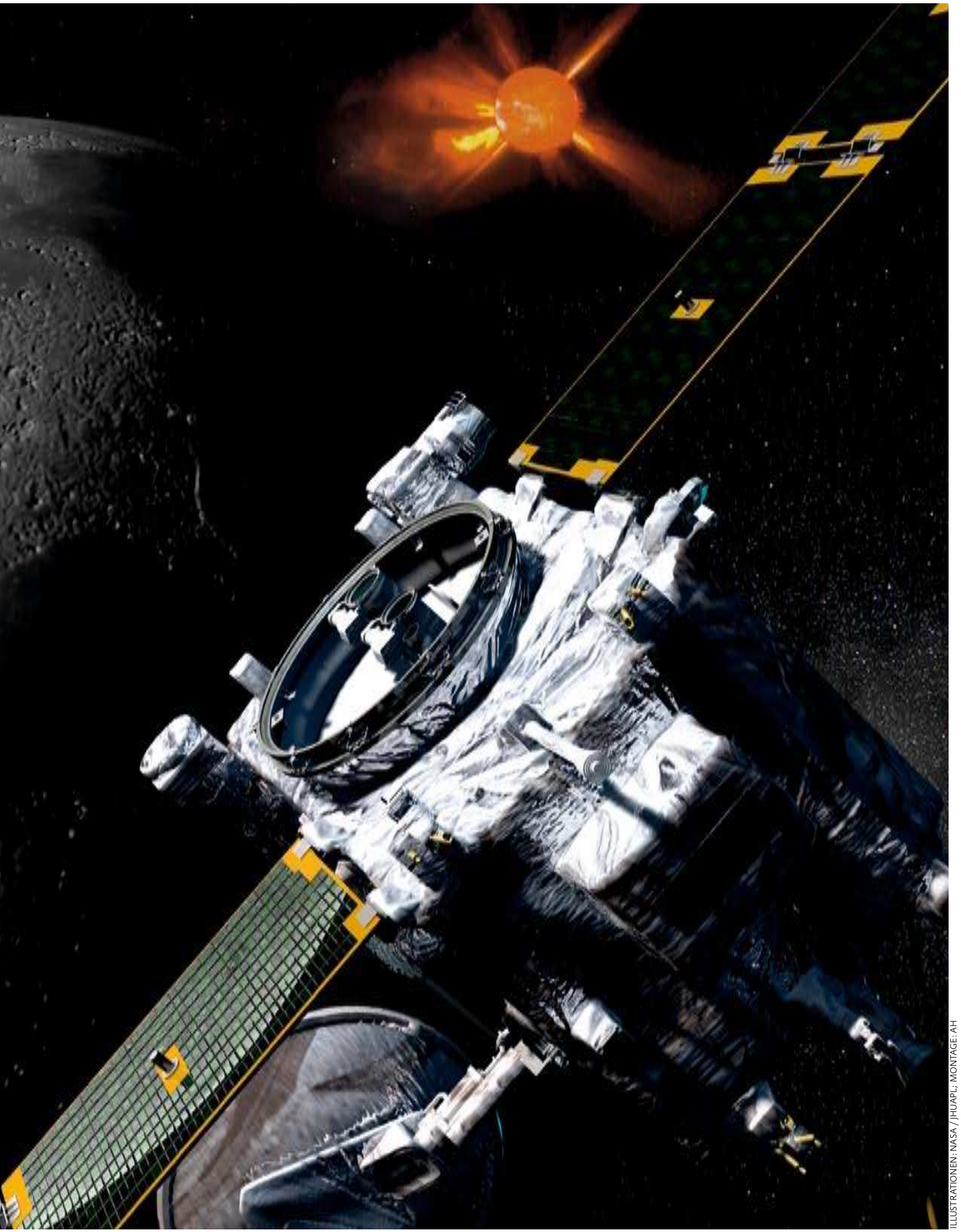
Erst den Wissenschaftlern des Raumfahrtzeitalters war es vergönnt, die Sonne von außerhalb der schützenden, aber auch absorbierenden Erdatmosphäre aus zu beobachten, und was entdeckt wurde, war eine Überraschung: Sie ist keineswegs unveränderlich und erhaben, sondern vielmehr ruhelos, gewalttätig und in ständigem Aufruhr begriffen. Die Eruptionen auf ihrer Oberfläche zählen zu den größten Energieumwandlungen in unserer näheren kosmischen Nachbarschaft (siehe AH Mai/Juni 2003, S. 32 und März 2004, S. 30).

Warum schicken die Forscher immer neue, ausgefeiltere Sonden zu ihrer Erkundung? Für viele Astronomen ist die Sonne ja nur ein schwach veränderlicher magnetischer Stern, der sich seit über vier Milliarden Jahren in einer stabilen Phase befindet. Für den Bewohner eines Planeten, der sie umkreist, können jedoch bereits die geringen Veränderungen bedeutende, ja sogar dramatische Auswirkungen haben.

Die veränderliche Sonne

Ihre Aktivität folgt einem Elfjahreszyklus, dessen letztes Maximum 2001 aufgetreten ist. Das nächste ist also 2012 zu erwarten. Diesem Rhythmus unterliegt die Häufigkeit von Sonnenflecken auf der Scheibe und ebenfalls die der Eruptionen. Diese reichen weit in die Korona hinein, die nur bei Sonnenfinsternissen sichtbar ist (siehe AH April 2006, S. 32). Ein solcher Ausbruch schleudert bis zu zehn Milliarden Tonnen Sonnenmaterie, bestehend aus Wasserstoff (78 %), Helium (20 %) und schwereren Atomen (2 %), >

Ausgefeiltes Manöver Der Erdtrabant schleudert die Raumsonden auf ihre jeweiligen Bahnen, von denen aus sie die Sonne beobachten.



ILLUSTRATIONEN: NASA / JHUAPL; MONTAGE: AH

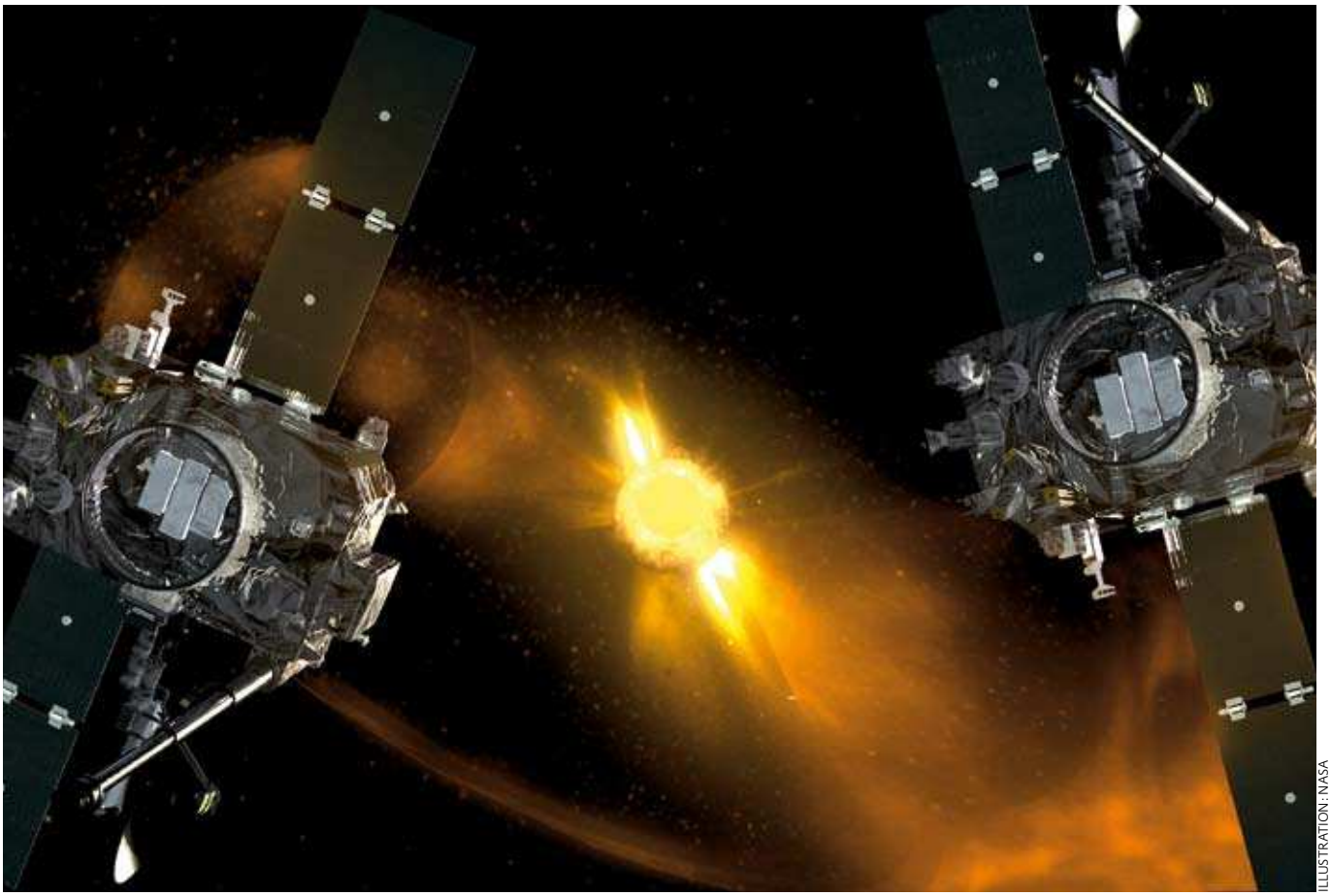


ILLUSTRATION: NASA

> mit einer Geschwindigkeit von 200 bis 2000 Kilometer pro Sekunde ins All. Dabei wird in wenigen Minuten so viel Energie freigesetzt wie bei der Explosion von einer Milliarde Atombomben.

Gerät die Erde in den Weg einer solchen Gas- oder Plasmawolke, können Satelliten ausfallen oder gar abstürzen, Stromnetze zusammenbrechen und der Funkverkehr auf der Erde könnte gestört werden. Astronauten laufen Gefahr, Strahlungsschäden zu erleiden, Bordpersonal und Passagiere in hoch fliegenden Flugzeugen sind einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt (siehe AH Juli/August 2004, S. 24). Pipelines schlagen leck, Telefonnetze werden lahmgelegt, Radar funktioniert nicht mehr genau, ebenso wie Positionsbestimmungen mit GPS. Das einzig Schöne daran: Polarlichter wabern über das Firmament. Für all das sind eine ganze Reihe von physikalischen Prozessen verantwortlich (siehe Kasten S. 28).

Seit der Mensch auf zwei Beinen geht, hat er überlebt, ohne von Sonnenstürmen zu wissen. Warum also brauchen wir ein verlässliches Frühwarnsystem? Sofort einsichtig ist, dass ein Stromversorgungsunternehmen in Kenntnis eines drohenden Ausfalls rechtzeitig Vorkehrungen treffen kann, um auf andere Netze umzuschalten. Es bauen sich nämlich in den Überlandleitungen erhebliche Ströme auf, wenn die geladenen Wolken von der Sonne am Erdmagnetfeld rütteln. Die fackeln schon mal ein Transformatorhäuschen ab. Auch sollte eine Generation, die sich für eine ständig bemannte Station auf dem Mond rüstet oder gar Menschen auf eine mehrere Jahre währende Reise zum Mars schicken will, die Gefahren genau kennen und entsprechende Schutzmaßnahmen ergreifen. Sonst erreichen die Astronauten den Mars, können ihn aber nicht sehen, weil sie durch die Teilchenstrahlung eine Augentrübung erlitten haben. In naher Zukunft wird die Beeinträchtigung in der Genauigkeit des amerikanischen Global Positioning System (GPS) und demnächst des europäischen Galileo-Navigationssatellitensystems (GNSS, siehe AH Juli/August 2006, S. 12) vielleicht am dringlichsten sein. Denn damit sollen beispielsweise Flugzeuge ohne Piloten-

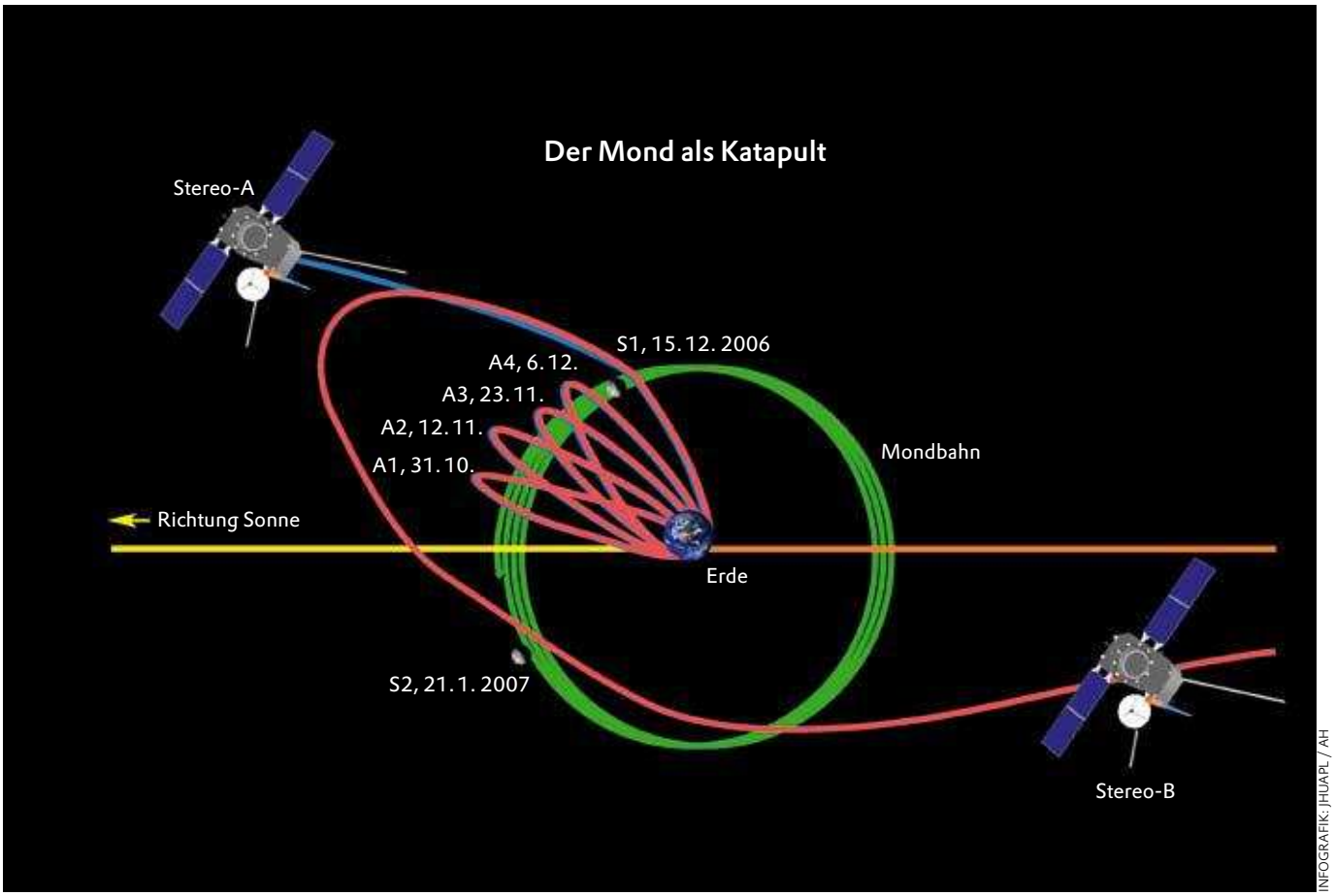
Zwei Sonden, eine Mission

Wie auch der Mensch zwei Augen zum räumlichen Sehen benötigt, so schicken jetzt die Astronomen zwei Weltraumteleskope ins All, um nahende Sonnenstürme erkennen zu können.

Stereos wissenschaftliche Ziele

Zwei nahezu identische Observatorien sollen erstmalig dreidimensionale Bilder zur Untersuchung von koronalen Massenauswürfen auf der Sonnenoberfläche erstellen, den energiereichsten Prozessen in unserem Sonnensystem. Die Stereo-Mission soll zum besseren Verständnis auf folgenden Gebieten beitragen:

- Solarer Ursprung und Entwicklung von koronalen Massenauswürfen
- Ausbreitung der ausgestoßenen Plasmawolken von der Sonne zur Erde
- Beschleunigungsmechanismus der energiereichen Teilchen im Sonnenwind
- dreidimensionale Struktur und Dynamik der Korona und der Heliosphäre



INFOGRAFIK: JHUAPL / AH

hilfe landen und müssen entsprechend zentimetergenau navigieren. Trifft jedoch solare Röntgen-, Ultraviolett- (UV-) und Teilchenstrahlung auf die Atome und Moleküle in der Ionosphäre, ändern sich die Signallaufzeiten, was zu Unsicherheit in der Positionsbestimmung von bis zu hundert Metern führt.

Fazit: Der moderne Mensch ist verwundbarer geworden. Aber keine Panik! Setzen wir die unsteten Launen der Sonne in einen Gesamtzusammenhang. Verglichen mit ähnlichen Sternen gehört unser Zentralgestirn zu den Phlegmatikern. Auf Zeitskalen, in denen die Entwicklungen der menschlichen Gesellschaft gemessen wird, ist es sogar als konstant anzusehen. In der Tat liegen die Gründe, weshalb der Mensch gegenüber Weltraumwetter und Sonnenfluktuationen verwundbar geworden ist, im Zuwachs der Bevölkerung. Seit Beginn des industriellen Zeitalters macht sich jede Generation immer mehr abhängig von Technologien, die von der Sonne beeinträchtigt werden können. Gleichzeitig werden jedoch auch ausgeklügelte Schutzsysteme entwickelt, die der Bedrohung meist einen Schritt voraus sind.

Denn seit Beginn der Raumfahrt hat eine ganze Armada von Sonden den Einfluss der Sonne auf die Erde untersucht, unter anderem die erste deutsch-amerikanische Mission Helios. Sie bestand aus zwei 1974 und 1976 gestarteten Observatorien, die sich auf weniger als ein Drittel des Abstands Erde-Sonne (knapp 150 Millionen Kilometer) an den Glutball herantastete. Die Esa-Mission Ulysses, gestartet 1990, fliegt über die Pole der Sonne (siehe Astro News, S. 13). Es folgten der 1991 gestartete japanische Röntgensatellit Yohkoh (»Sonnenstrahl«) und die Esa/Nasa-Mission Soho (Solar and Heliospheric Observatory), gestartet 1995. Diese Sonde beobachtet die Sonnenscheibe im UV- und die Korona im weißen Licht.

Multifunktionsspäher

Viele dieser Missionen erkunden die Sonne nicht nur im elektromagnetischen Spektrum, also den verschiedenen Formen von Licht, sondern führen auch Messinstrumente mit sich, die das solare Magnetfeld, das Sonnenwindplasma sowie energiereiche Teilchen und Staub registrieren. Zu der Flotte von Spähern im

Kosmischer Riesenslalom

Stereo-A wird an Punkt S1 vom Mond schräg Richtung Sonne katapultiert und ist deshalb schneller als die Erde. Stereo-B fliegt nach »außen« und lässt sich hinter die Erde zurückfallen.

All gesellt sich nun Stereo, das Solar Terrestrial Relations Observatory. Dessen Projektwissenschaftler Michael Kaiser vom Goddard Space Flight Center der Nasa (GSFC) bezeichnet den gegenwärtigen Stand der Weltraumwettervorhersage so: »Wir befinden uns zurzeit in einer Lage wie die Meteorologen in den 1950er Jahren – sie konnten einen Hurrikan erst melden, als die Regenwolken schon über ihren Köpfen waren.«

Am 25. Oktober 2006 wurde Stereo von Cape Canaveral aus mit einer Delta-II-Rakete gestartet. Das Missionsziel dieses 478-Millionen-Dollar-Projekts ist es, mit Hilfe zweier fast identischer Raumsonden erstmals stereoskopische Aufnahmen der Sonne und ihrer die Erde bedrohenden Eruptionen zu gewinnen. Die Zwillingsraumsonden, jede 642 Kilogramm schwer und von der Größe eines >

ILLUSTRATION: NASA / JHUAPL

> Kleinwagens, verlassen mit Hilfe der Mondanziehung das irdische Gravitationsfeld (Illustration S. 22/23) und kreisen um die Sonne. Dabei eilt Stereo-A der Erde auf ihrer Bahn voraus, Stereo-B folgt ihr nach.

Der Mond als Schleuder

Mit einem gelungenen und Kosten sparenden Trick schaffte es die Nasa, die beiden Raumsonden mit nur einer Rakete auf Flugbahnen zu bringen, die entgegengesetzt von der Erde wegführen. Dabei wurde erstmals der Mond zum gleichzeitigen Einschuss von zwei Flugkörpern in ihre endgültigen Bahnen genutzt: Nach dem Start beschleunigte die dritte Raketenstufe die aufeinandergestapelten Sonden in einen stark elliptischen Orbit, dessen erdfernster Punkt jenseits der Mondbahn liegt. Nach ihrer Trennung (Illustration oben) durchliefen sie viermal diese Ellipse im Formationsflug, wobei sie sich langsam voneinander entfernten (Grafik S. 25, Punkte A1 bis A4). Stereo-A wurde beim fünften Umlauf (S1) am 15. Dezember 2006 vom Mond so beschleunigt, dass die Sonde die Fluchtgeschwindigkeit überschritt und das Schwerefeld unseres Planeten verlassen konnte.

Stereo-B dagegen erhielt vom Mond weniger Schwung und drehte nur eine große Schleife. Diese dauerte einen Monat, sodass der Erdtrabant am 21. Januar erneut zur Stelle war (S2), um die Raumsonde in die entgegengesetzte Richtung zu katapultieren. Nun sind beide auf einen heliozentrischen Orbit eingeschwenkt und vergrößern ihren Abstand von der Erde jährlich um ein Sechzehntel des Bahnumfangs.

Kurz nach der Trennung Die beiden Sonden entfernen sich nach dem Abkoppeln langsam voneinander und schwenken schließlich auf unterschiedliche Bahnen ein.

Weil die Ausbrüche auf der Sonne (koronale Massenauswürfe, englisch Coronal Mass Ejections, CMEs, Kasten S. 28) gleichzeitig unter zwei verschiedenen Blickwinkeln vermessen werden, ver- >

Die Messinstrumente

Stereo ist eine Mission der Nasa mit Beiträgen mehrerer europäischer Länder. Aus Deutschland sind die Universität Kiel und das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg/Lindau (MPS) beteiligt. Die jeweils 13 Instrumente an Bord lassen sich zu vier Gruppen zusammenfassen:

Secchi (Sun Earth Connection Coronal and Heliospheric Investigation) besteht aus vier Instrumenten: eine Kamera für Licht im Extremen Ultraviolett (EUV) sowie zwei Koronagrafen und eine Heliosphären-Kamera für weißes Licht. Wenn die Bilder dieser optischen Instrumente von zwei Raumsonden zusammengeführt werden, entsteht die dreidimensionale Sicht, das Hauptziel der Stereo-Mission. Secchi untersucht dabei die Entwicklung der Massenauswürfe von ihrer Entstehung auf der Sonnenoberfläche durch die Korona und den interplanetaren Raum bis zum möglichen Aufprall auf die Magnetosphäre und Atmosphäre der Erde.

Plastic (Plasma and Suprathermal Ion Composition) liefert Daten über das Sonnenwindplasma und seine Zusammensetzung in hoher zeitlicher Auflösung und bestimmt die Geschwindigkeiten von Protonen, Helium und schweren Ionen des Sonnenwinds zur Untersuchung seines Beschleunigungsprozesses.

Impact (In-situ Measurements of Particles and CME Transients) besteht aus sieben Instrumenten zur Messung von Magnetfeld sowie energiereichen Elektronen und Kernteilchen im weiten Bereich von tausend bis einhundert Millionen Elektronvolt (eV, entspricht dem Röntgen- und Gammabereich der elektromagnetischen Strahlung). Die damit gewonnenen Energiespektren, Isotopen- und Elementzusammensetzungen sowie Richtungsverteilungen sollen Erkenntnisse zur Energiefreisetzung, Beschleunigung und Ausbreitung der Teilchen in der solaren Atmosphäre und im interplanetaren Raum liefern.

S/Waves (Stereo Waves) ist ein interplanetarer Radioempfänger, der die Erzeugung und Entwicklung von Radiowellen von der Sonne bis zur Erdbahn verfolgt. Diese werden von beschleunigten Elektronen erzeugt, die um solare und interplanetare Magnetfeldlinien kreisen.

Die gleichzeitige Messung von Teilchen und Beobachtung von Strahlung im optischen und Radiobereich erlaubt wesentlich genauere Rückschlüsse auf die dreidimensionale magnetische Struktur eines koronalen Massenauswurfs sowie die Temperatur, Dichte und Geschwindigkeiten der darin enthaltenen Teilchen. <<

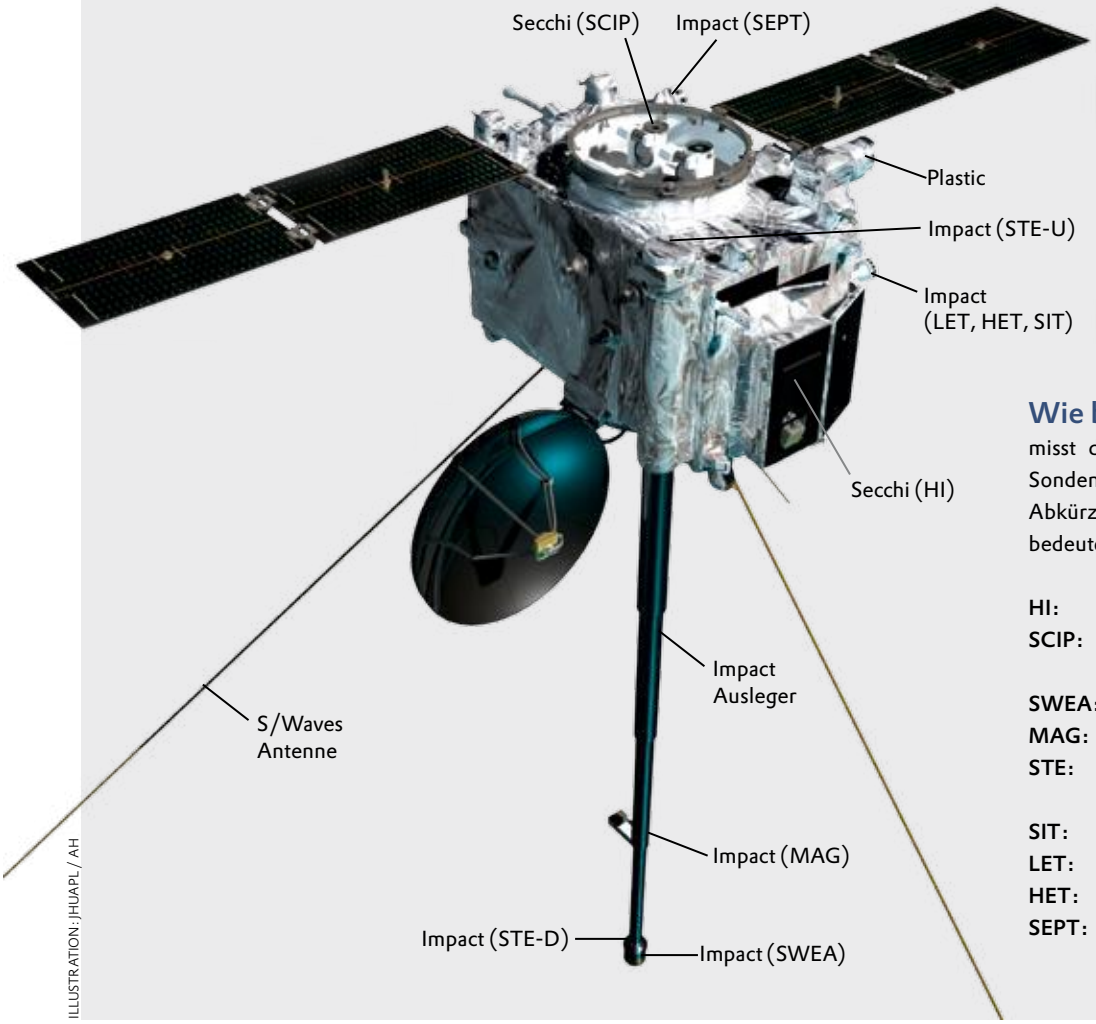


ILLUSTRATION: JHUAPL / AH

Wie bei einem Kleinwagen

misst der Rumpf einer der Stereo-Sonden etwa 2,5 mal 3,2 Meter. Die Abkürzungen der Einzelinstrumente bedeuten:

HI:	Heliographic Imager
SCIP:	Sun Centered Imaging Package
SWEA:	Solar Wind Electron Analyzer
MAG:	Magnetometer
STE:	Suprathermal Electron Telescope (-Up und -Down)
SIT:	Suprathermal Ion Telescope
LET:	Low Energy Telescope
HET:	High Energy Telescope
SEPT:	Solar Electron and Proton Telescope

> schaffen uns die beiden Sonden eine einzigartige Sicht auf den Energie- und Materiestrom von der Sonne zur Erde. Denn wie das Augenpaar des Menschen mit einem Augenabstand von ungefähr acht Zentimetern erlaubt, räumliche Tiefe abzuschätzen und Objekte in einer Entfernung von bis zu hundert Metern dreidimensional zu sehen, wird der Raumsondenabstand von Millionen Kilometern einen ganz neuen Blick auf die Sonne und ihrer Ausbrüche ermöglichen.

Mit dem zweiten sieht man besser!

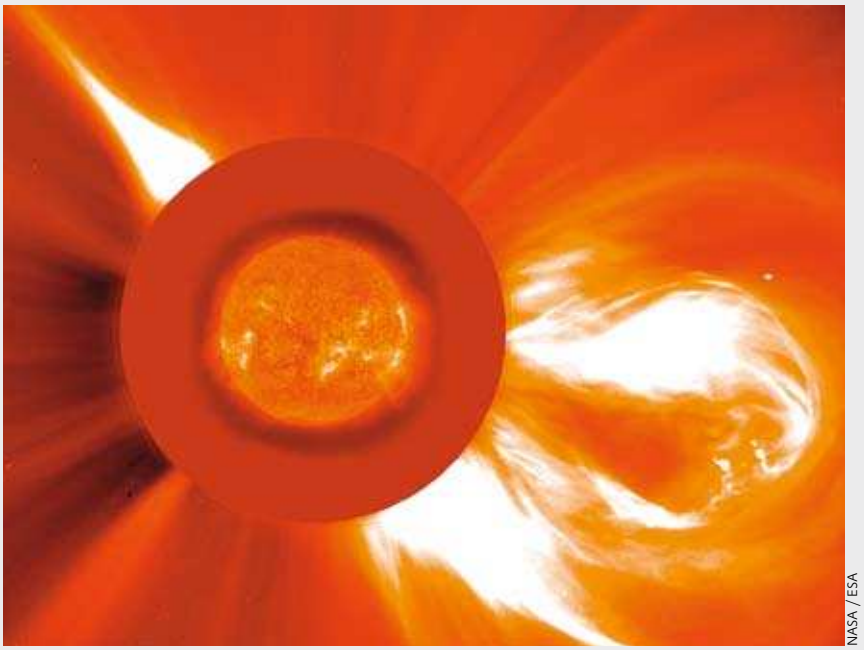
So gewinnen die Wissenschaftler mit Stereo eine neue Dimension in der Sonnenbeobachtung und somit eine gründlichere Untersuchung ihrer Ausbrüche. Zum Beispiel war es bei allen bisherigen Aufnahmen nicht möglich zu erkennen, ob die ausgestoßene Wolke sich dem Beobachter nähert oder sich von ihm entfernt. Man sieht nur die Bewegungskomponente in der Ebene senkrecht zur Blickrichtung und muss mit unsicheren Annahmen und Modellvorstellungen den weiteren Verlauf prognostizieren. Mit Stereo lassen sich Richtungs- und Geschwindigkeitsbestimmung so verfeinern, dass die bisherige Vorwarnzeit von etwa zwölf Stunden verdoppelt und die »Trefferquote« bei der Warnung vor geomagnetischen Stürmen deutlich erhöht werden kann.

Wenn sich die beiden Raumsonden nach zwei Jahren so weit voneinander entfernt haben werden, dass sie nicht mehr dasselbe Aktivitätszentrum im Blickfeld haben, hört das stereometrische Sehen auf. Sofern die Nasa die nötigen Mittel bewilligt, kann die Mission aber auch danach weiter genutzt werden: Die Sonden können die der Erde abgewandte Seite der Sonne erkunden. Die dem ständigen Bombardement an Teilchen ausgesetzten Solarzellen liefern jedenfalls noch eine ganze Weile genügend Strom und der Treibstoff zur Lageregelung sollte für weitere fünf Jahre Missionsbetrieb reichen. <<

Reinhold Müller-Mellin ist leitender Projektwissenschaftler an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Extraterrestrik. Er betreut das Solar Electron and Proton Telescope an Bord von Stereo.

Links zum Thema finden Sie unter
www.astronomie-heute.de/artikel/864859

Warnung vor dem Sturm



NASA / ESA

Koronale Massenauswürfe sind die Orkane des Weltraumwetters. Einige Beispiele aus jüngster Zeit zeigen, wie wichtig es ist, sie ernst zu nehmen:

Als im Sonnenaktivitätsmaximum 1979 ultraviolette Strahlung die äußeren Schichten der Erdatmosphäre aufheizte, dehnte sie sich so weit aus, dass sie die 85 Tonnen schwere Raumstation Skylab vorzeitig zum Absturz brachte.

Ein geomagnetischer Sturm verursachte am 13. März 1989 einen neunstündigen Ausfall im Stromnetz, der die ganze kanadische Provinz Quebec lahmlegte – mit vielerlei wirtschaftlichen und sozialen Folgen für die sechs Millionen Einwohner. Auch Südschweden erhielt am 30. Oktober 2003 einen Stromschlag von der Sonne, der alle Lichter ausgehen ließ.

Im Jahr 1997 schaltete ein Sonnenausbruch den amerikanischen Fernsehsatelliten Telstar 401 aus. Nach einer Serie von Stürmen im Oktober und November 2003 verloren japanische Flugleiter den Kontakt zu ihrem 649 Millionen Dollar teuren Klimasatelliten Adeos-2.

Nach einer Sonneneruption im Januar 2005 wurden die Astronauten der Internationalen Raumstation ISS in das besser abgeschirmte russische Servicemodul Swesda beordert, um Schutz vor dem herannahenden Teilchensturm zu suchen. Auf diese Weise sollte die empfangene Strahlendosis so gering wie möglich gehalten werden. Auch weit unterhalb der ISS – nämlich in 10 000 Meter Flughöhe – hatten Fluglinien ihre polnahen Flüge in niedrigere Breiten verlegt. Denn über den Polen dringt die Teilchenstrahlung leichter in die Atmosphäre ein. Allein American Airlines leitete 26 ihrer Flüge um.

Teilchenhagel Am 5. 12. 2003 war die Sonne hyperaktiv (helle Flecken im UV-Bild, Kreis) und spie massenhaft energiereiche Partikel.

Korrosionsprobleme bei Öl- und Gaspipelines treten vornehmlich im Polarlichtoval auf. So erlitten die Betreiber der Alaska-Pipeline 2006 sowohl hohe ökonomische Verluste durch nicht eingeplante Reparaturen als auch enorme Umweltschäden durch Lecks.

Die Beispiele zeigen, dass ein besseres Verständnis der Sonne nicht nur von akademischem Interesse ist, sondern jeden von uns betrifft. Und das in Zukunft immer mehr, denn je mehr sich die Gesellschaft abhängig macht von Weltraumtechnologie im Bereich Kommunikation und Navigation, je miniaturisierter die elektronischen Bauteile dafür werden, umso anfälliger sind wir gegenüber den Launen des Weltraumwetters – auch wenn der Mann auf der Straße nicht plant, zum Mars zu reisen. <<

Jetzt auspacken und loslegen: Hervorragende Einsteigerteleskope von Skywatcher

Besonderer Service: DEUTSCHSPRACHIGE ANLEITUNGEN (von uns übersetzt)

Linsenteleskop
70mm Öffnung
700mm Brennweite
AZ-2 Montierung
99,-

Newton-Spiegelteleskop
114mm Öffnung
900mm Brennweite
EQ-2 Montierung
159,-

Newton-Spiegelteleskop
130mm Öffnung
900mm Brennweite
EQ-2 Montierung
189,-

Newton-Spiegelteleskop
150mm Öffnung
1200mm Brennweite
EQ-3 Montierung
299,-

Newton-Spiegelteleskop
150mm Öffnung
750mm Brennweite
EQ-3 Montierung
329,-

Wir empfehlen Einsteigern zum Teleskop-Kauf ein Buch und eine Sternkarte dazu:

Teleskop 1x1 ... 7,90

Sternkarte ... 12,90

Newton-Spiegelteleskop in Dobson-Bauweise
200mm Öffnung
1200mm Brennweite
Dobson-Konstruktion
299,-

Newton-Spiegelteleskop mit Motorsteuerung
254mm Öffnung
1200mm Brennweite
1389,-

GoTo-Upgrade-Kit V.2
599,-

Jetzt umfangreiche Info-Seiten und Kaufberatung online!

Neu finden Sie bei uns jetzt ein sehr umfangreiches ***Informationsangebot*** *über fast alles rund um Teleskope und Zubehör:*

- ***FAQ's****: Für die schnelle Beantwortung der brennendsten Einsteigerfragen*
- ***Infoseiten*** *für Einsteiger: Ausführliche Behandlung diverser Themen wie Aufbau von Teleskopen, Bauweisen etc.*
- ***Spezial-Themen****: Eingehende Behandlung von Schwerpunktthemen*
- ***Aktuelle Beobachtungstipps****: Das "Fernsehprogramm" des Nachthimmels*

Direktlink: www.astroshop.de/teleskope/teleskop-infos

Zubehör-Koffer

Sparen Sie jetzt weit über 100,- € mit diesem einzigartigen Zubehör-Set!

nur 199,-

NEU: Software RedShift 6.0

Bei uns versandkostenfrei!

Nie war es einfacher, Einsteigern und Hobbyastronomen die Wunder des Nachthimmels näher zu bringen. Alles, was Sie dazu brauchen, ist im Programm enthalten. **Jetzt sogar mit Teleskop-Steuerung!**
nur 79,90

NEU: Sky-Watcher Equinox

Durch Einsatz von **ED-Glas** fast ohne Farbfehler, dafür scharf und kontrastreich. Okularauszug mit 1:10 Mikrountersetzung

ED 66 APO
reduziert 389,-
ED 80 APO
reduziert 649,-

Sehr hochwertig, ultrakompakt: Ideal zum Verreisen und für all diejenigen, die auch tagsüber Naturbeobachtung machen wollen.

NEU: EQ-6 Pro Montierung

Diese neue GoTo-Montierung von Sky-Watcher setzt **neue Maßstäbe** *- jetzt lieferbar einzeln und als Komplett-Teleskop.*

EQ6 Pro 1.599,-
auf 254/1200 2.229,-
auf 150/1200 2.279,-

Neuheiten bei Astroshop.de

Dobson Teleskope von GSO
Hochwertige, **riesige Optiken** als günstige Dobsons mit hervorragender Ausstattung: **Crayford-Auszug**, Hauptspiegelbelüftung, 8x30 Sucher *(BCR-Version)*

200/1000	348,-
200/1200 BCR	448,-
250/1250 C	**478,-**
250/1250 BCR	**648,-**
300/1500	698,-
300/1500 BCR	**898,-**

Astroshop.de

Der **Astronomie-Fachversand** mit dem riesigen Sortiment - in unserem komfortablen Online-Shop finden Sie **über 3000 Artikel**. Natürlich bieten wir auch eine **kompetente Beratung** durch unsere erfahrenen Mitarbeiter, die selber engagierte Hobby-Astronomen sind.

www.Astroshop.de

Bresser MESSIER

Hohe Qualität zum kleinen Preis!
Die Teleskope der neuen Bresser MESSIER Serie bieten große Optiken und stabile Montierungen - zu überraschend günstigen Preisen. Tuben aus Metall mit multivergüteten Optiken, **stabile Montierungen und Stahlstative** sowie 2"-Okularauszüge und leistungsfähige Sucher machen das Beobachten zu einem wirklich angenehmen Erlebnis. Mitgeliefert wird ein **umfangreiches Zubehör**, u.a. drei Plössl-Okulare, 2-fach-Barlowlinse und eine LED-Rotlichtlampe.

Reflektoren		Refraktoren	
N-130	249,-	R-90	249,-
N-150	429,-	R-102	499,-
		R-127L	669,-
		R-127S	699,-
		R-152S	869,-

Beratung und Bestellung

E-Mail:	Service@Astroshop.de
Telefon:	+49-(0)8191-91597-3
Fax:	+49-(0)8191-91597-4

Ausstellungsräume in Landsberg bei München.

Eine große Auswahl an Ferngläsern

Bresser Spezial Saturn 20x60	128,-
20x80 Großfernglas	129,-
20x80 Großfernglas Triplet mit Tragetasche	189,-
25x100 Großfernglas mit Tragetasche	299,-
Canon 18x50 mit Bildstabilisator	1379,-

Ferngläser für Tag- und Nachtbeobachtung:

Steiner Nighthunter XP 8x56	829,-
Minox BD 15x58 ED BR	1.059,-
Zeiss Conquest 10x50 T	1.077,-
Zeiss Victory FL 10x56 T FL	1.734,-
Leica Ultravid 12x50	1.850,-

PC-Okular

Holen Sie Ihre Astro-Aufnahmen auf den PC!
99,-

Einige Produkte aus dem großen ZUBEHÖR-Programm ...

Weltneuheit: Variabler Color-Filter
ersetzt mehr als 8 einzelne Filter
nur 44,-

Digitalkamera-Adapter
universal
39,-

Mondfilter
zum kontrastreichen und augenschonenden Beobachten des Mondes
14,90

Astro-Solor Sonnenfilterfolie
zur Sonnenbeobachtung
18,90

mehr unter Direktlink: www.astroshop.de/teleskope/zubehoer

Mit dem Zweiten sieht man besser

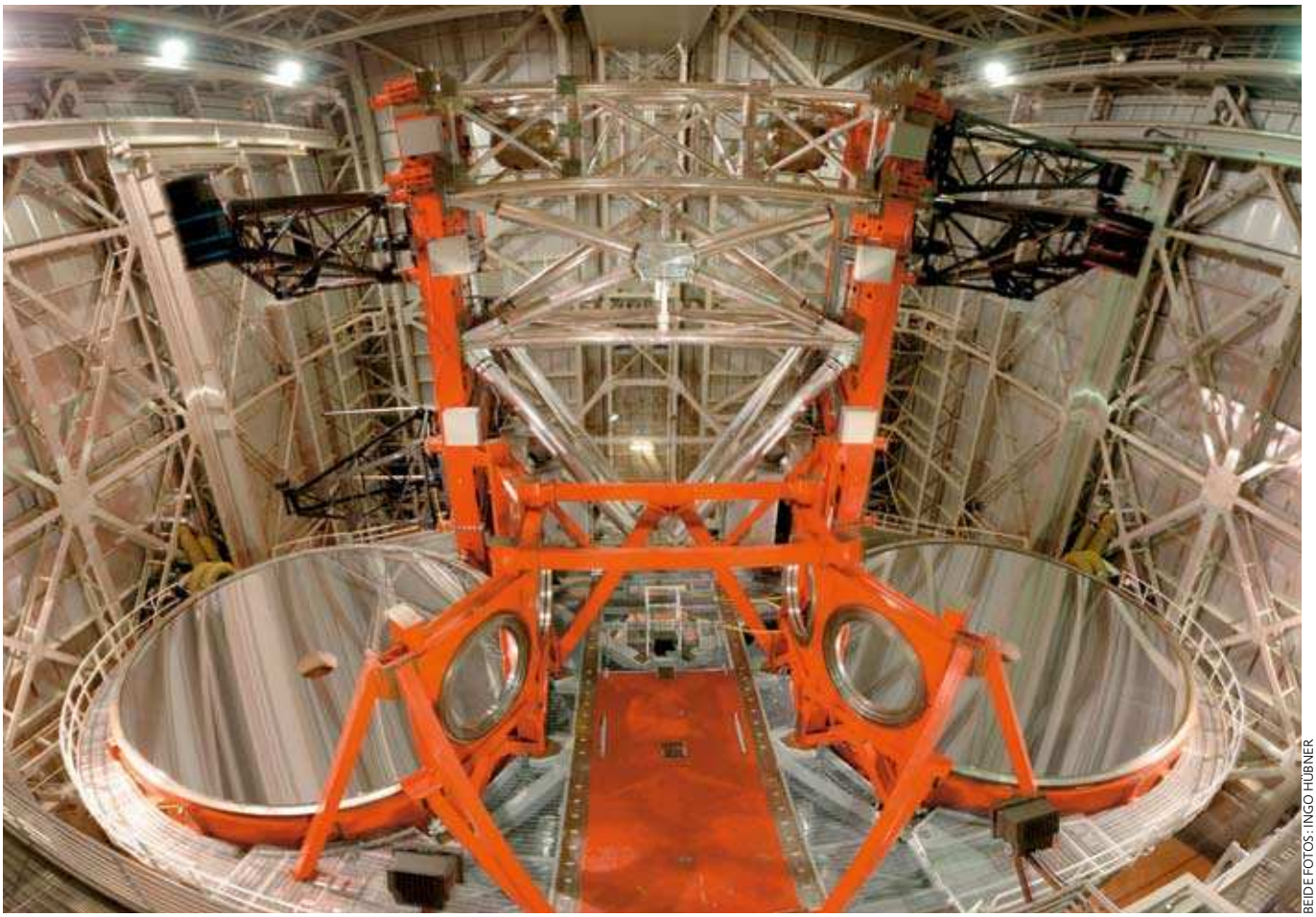
Bald ist es so weit: Nach über achtjähriger Bauzeit kommt eines der bislang aufwändigsten Instrumente zum Einsatz – das Large Binocular Telescope (LBT). **>> Ingo Hübner**

Rothörnchen sind liebenswerte Tiere. Klein, mit buschigem Schwanz, schwarzen Knopfaugen und flinken Pfoten, die meist irgendetwas zum Knabbern halten. Doch hier auf dem Mount Graham im amerikanischen Bundesstaat Arizona hätten sie beinahe ein monumentales Projekt zu Fall gebracht – den Bau des leistungsfähigsten Teleskops der Menschheit: des Large Binocular Telescope, kurz LBT.

Gleich vor dem Mount Graham liegt das Städtchen Safford. Fast zwei Stunden dauert die Fahrt von dort bis auf die Spitze des Berges. Während wir uns auf der langen, kurvenreichen Straße dem Gipfel nähern, erhalten wir einen ersten Vorgeschmack auf die astronomischen Dimensionen, die uns oben erwarten, und haben genügend Zeit, um den Geschichten und Erinnerungen des Bauleiters John Ratje zuzuhören. Nach über zwanzigjähriger Planungs- und Bauzeit, so erzählt uns der 61-Jährige, soll das Teleskop nämlich demnächst voll einsatzbereit sein. Noch verschiebt sich der Starttermin allerdings immer wieder. »Das mit den Rothörnchen hat 1988 angefangen. >

Eins mit dem Sternhimmel
Der mattsilberne Würfel des LBT im verschneiten Winterwald

DAVID A. HARVEY



BEIDE FOTOS: INGO HUBNER

Wie eine gigantische Brille wirkt das LBT von oben. Die Spiegel mit jeweils 8,4 Meter Durchmesser ruhen auf einer gemeinsamen Stahlkonstruktion. Vereint haben sie die Lichtstärke eines Zwölf-Meter-Spiegels.

> Damals haben zwei Umweltschutzorganisationen, der Sierra Club und die Defenders of Wildlife, gegen den Bau geklagt. Die Rothörnchen sind eine bedrohte Tierart und die Organisationen argumentierten, das Teleskop würde ihren Lebensraum noch mehr einschränken«, erzählt Ratje in sachlich-nüchternem Ton, während er das Auto von einer Haarnadelkurve zur nächsten lenkt. »Dabei ist der Mount Graham riesig und wir haben nur einige hundert Quadratmeter Platz für das Teleskop gebraucht.« Dennoch, so verrät er weiter, habe das Gericht das Bauvorhaben insgesamt für zwei Jahre gestoppt. Erst durch etliche wissenschaftliche Gutachten habe die University of Arizona den US-Kongress davon überzeugt, einen anderen Bauplatz auf dem Gipfel freizugeben.

Durch die verspiegelten Gläser seiner Sonnenbrille sind Ratjes Augen nicht erkennbar und auch keine Erregung. Der Wirbel um die Rothörnchen sei eines seiner schrägsten Erlebnisse rund um das Teleskop gewesen, versichert er, und heute gäbe es mehr Rothörnchen als jemals zuvor. Trotz seines fortgeschrittenen Alters und des grauen Haarkranzes hat der Mann immer noch die Statur eines Profi-Basketballspielers. Wenn es um die Geschichte des Teleskops geht, ist er weit und breit die beste Informationsquelle. Keiner außer ihm ist seit den Anfängen vor 22 Jahren dabei. Der Bauleiter und das Teleskop sind wie ein altes, vertrautes Ehepaar. Was ist das Geheimnis dieser unerschütterlichen Liebe? »Der Mount Graham ist für mich ein heiliger Berg. Vielleicht werden wir hier eines Tages etwas über die Ursprünge des Universums herausfinden und letzten Endes damit etwas mehr über uns selbst«, sagt er ein wenig verklärt.

Kampf um den Standort

Heilig ist der Ort auch noch für andere: die Apachen. Bereits ihre Vorfahren, die Hohokam, siedelten vor tausend Jahren in seinem Schatten. In der Vorstellung der Apachen sind Berge Orte, an denen sie mit dem Göttlichen in Kontakt treten. Und wohl nirgendwo sonst fühlt man sich dem Göttlichen näher als hier: Mit rund 3200 Metern ist der Mount Graham die höchste Erhebung im südöstlichen

GLOSSAR

Adaptive Optik: Auf dem Weg durch turbulente Schichten der Atmosphäre werden Lichtstrahlen häufig abgelenkt. Dies gleicht bei großen Teleskopen eine adaptive Optik aus, etwa durch eine schnell veränderliche Spiegeloberfläche und mit Hilfe von Aktuatoren (siehe unten).

Aktuatoren setzen Signale einer Regelung in meist mechanische Arbeit um, also in Bewegung. Damit werden beispielsweise Ventile geöffnet oder geschlossen. In der Teleskoptechnik werden sie dazu verwendet, Oberflächen von Spiegeln zu verformen und damit eine Deformation der Lichtwellen zu kompensieren.

Arizona. Der Konflikt zwischen den amerikanischen Ureinwohnern und den Wissenschaftlern bot reichlich Sprengstoff. Die beim Bau des Teleskops federführende University of Arizona hatte schon 1985 die ersten Bauanfragen eingeleitet und Umweltverträglichkeitsstudien in Auftrag gegeben. Dazu mussten auch die zwölf Apachenstämme zu dem Vorhaben gehört werden, die laut amerikanischem Gesetz Anspruch auf den Berg haben. Nur vier Stämme hätten damals überhaupt reagiert. Sie hätten lediglich darum gebeten, über die Ergebnisse der Umweltstudie informiert zu werden, erinnert sich Ratje. Keiner hätte von seinem Recht Gebrauch gemacht, Einwände gegen das Teleskop geltend zu machen.

Erst nachdem vier Jahre später, im Jahr 1989, alle Studien abgeschlossen waren, hätten sich die Apachen schließlich zu Wort gemeldet und seien mit dem Argument, der Berg sei heilig, vor Gericht gezogen. Natürlich haben sie verloren. »In der Öffentlichkeit entstand schnell der Eindruck, dass man einfach wieder über die Köpfe der Indianer hinweg entschieden hatte«, sagt Ratje und steuert in die nächste Kurve. »Tatsache ist, dass sie die Frist für einen möglichen Einspruch einfach verstreichen ließen.« Die Sicht der Apachen ist freilich eine ganz andere: Nur am Rand seien sie im Jahr 1985 von der Universität über das riesige Bauvorhaben informiert worden. Daraufhin hätten sie sofort Einspruch erhoben.

Allerdings stellt sich die Frage, ob ein rechtzeitiger Einspruch der Apachen überhaupt etwas geändert hätte. Bereits Anfang der 1980er Jahre errichtete die University of Arizona in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn (MPIfR) das Heinrich-Hertz-Teleskop auf dem Berg. Einige Jahre später gönnte sich der Vatikan nur hundert Meter davon entfernt seinen ganz eigenen Blick zum Himmel: das Vatican Advanced Technology Telescope.

Nach Jahren des Kampfes scheint das Verhältnis zwischen Ureinwohnern und Wissenschaftlern heute wieder entspannter zu sein, zumindest was die jüngere Generation angeht. »Viele junge Apachen studieren mittlerweile in Tucson Astronomie, einige werden auch am Teleskop arbeiten und so die Gelegenheit haben, ihren eigenen Fragen zum Universum nachzugehen«, sagt er. Wer weiß – vielleicht ist durch die Annäherung auf wissenschaftlicher Ebene schließlich ein grundsätzliches Einverständnis mit den Stämmen möglich.

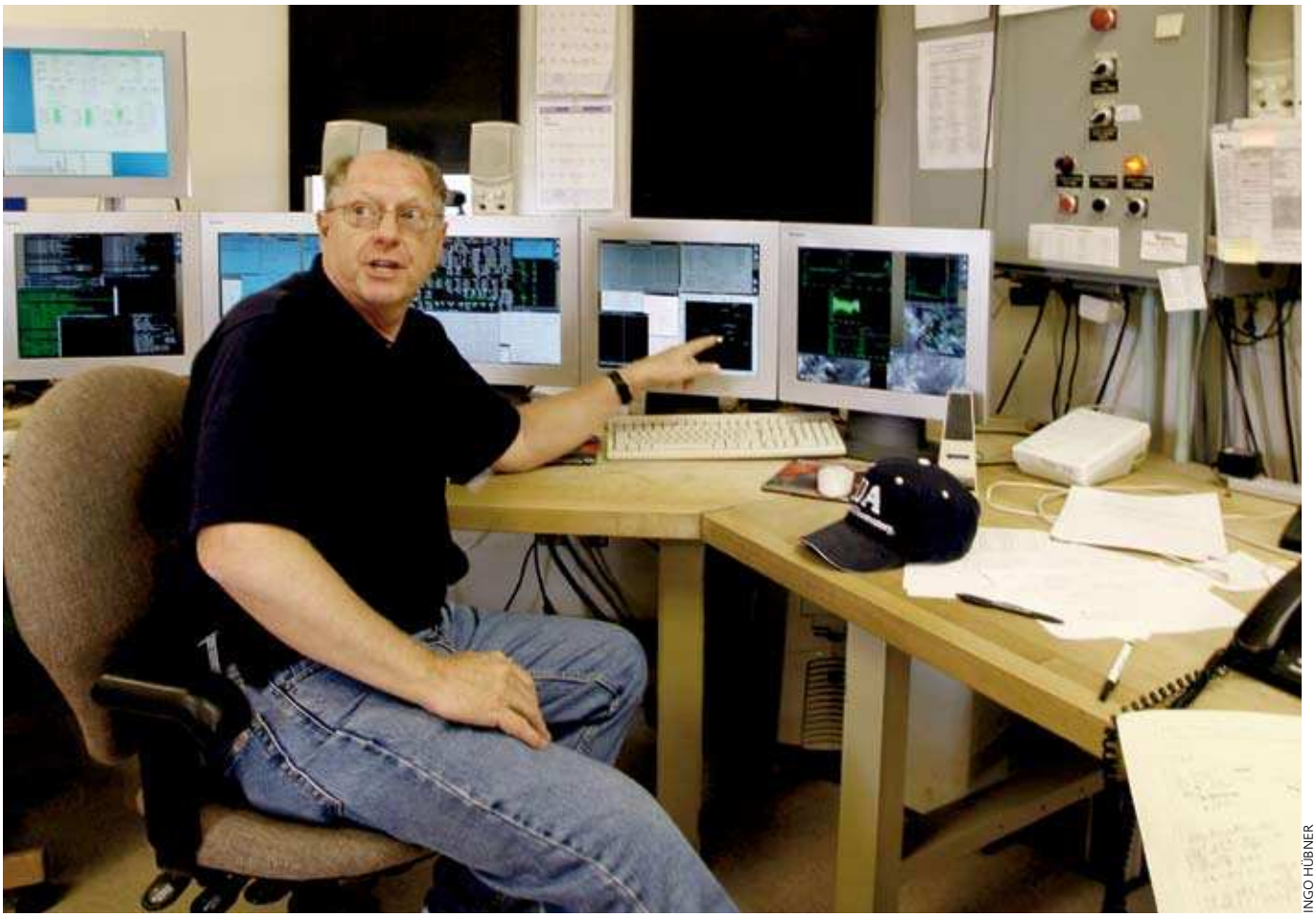
Die Waldgrenze ist erreicht und Ratje wechselt das Thema: »Wir sind bald am Ziel, es sind nur noch ein paar Meilen. Eine der größten logistischen Herausforderungen beim Bau war übrigens der Transport der beiden Spiegel auf den Berg.« Bei einer Geschwindigkeit von weniger als einer Meile pro Stunde seien die Lastwagen insgesamt drei Tage unterwegs gewesen, berichtet er. Wir könnten uns leicht ausmalen, wie kompliziert das Manövrieren durch die Haarnadelkurven bei einem Spiegeldurchmesser von 8,4 Metern gewesen sei. Die Bauteile auf dem Luftweg zu befördern, sei nicht möglich gewesen, da kein Helikopter in dieser Höhe insgesamt 15 Tonnen transportieren könne.

Links neben der Straße eröffnet sich für einen kurzen Moment ein atemberaubender Ausblick auf die wüstenähnliche Hochebene um den Berg herum. Der Mount Graham erscheint jetzt wie eine steil aufragende Insel inmitten eines endlosen braunen Meers. Wenige Minuten später verdeckt der dichte Baumbestand jedoch schon wieder das grandiose Panorama. Endlich kommen die drei großen Teleskope in Sichtweite: zur Linken das kleinste, die Sternwarte des Vatikans, einige Meter weiter das Heinrich-Hertz-Teleskop. Wir fahren daran vorbei, eine Anhöhe hinauf. Die Straße endet vor einem mattsilbernen Würfel, dem LBT (siehe Foto S. 30/31).

Die Luft ist klar und deutlich kühler als noch vor zwei Stunden. Ratje atmet tief ein: »Das Klima hier oben ist ideal für die Astronomie, für den Menschen allerdings nicht. Im Winter kann die Luftfeuchtigkeit auf ein bis zwei Prozent sinken, dann ist die Luft glasklar. Wenn man nicht genug trinken würde, würde man austrocknen.« >

»Der Mount Graham ist für mich ein heiliger Berg. Vielleicht finden wir hier etwas über die Ursprünge des Universums heraus«

In engen Haarnadelkurven schlängelt sich die Straße den Mount Graham hinauf. Der Berg war lange umkämpft, denn den Apachen ist das Gebiet heilig.



INGO HÜBNER

Bestens vertraut John Ratje kennt das LBT von Anfang an. Der Mann weiß alles über dessen Geschichte. Hier sitzt er in der Wetterüberwachungszentrale des Heinrich-Hertz-Teleskops.

> Elf Stockwerke und mehr als dreißig Meter hoch ist das Gebäude, in dem sich das Large Binocular Telescope verbirgt. Diesen etwas sperrigen Namen trägt es, weil es wie ein Feldstecher gebaut ist, erläutert Ratje, während wir mit dem Aufzug auf eine Art Aussichtsplattform über dem Teleskop unterwegs sind. Das LBT erinnert ein bisschen an eine Brille: Die beiden Spiegel lagern nebeneinander auf einer gewaltigen roten Stahlkonstruktion und verchromt blitzenden Streben. Einige Meter darüber befinden sich kranartige Halterungen für die Messgeräte. »Die ganze Technik ruht auf einer Art überdimensioniertem Schaukelstuhl mit fast sechshundert Tonnen Gewicht, in dessen Sitzfläche die Spiegel eingebaut sind. Unter ihr befinden sich Motoren, die die Spiegel von der Horizontalen in die Vertikale ausrichten können.« Ratje unterstreicht das Gesagte durch eine Drehung seiner Handfläche. Auch sonst weicht die Bauweise des LBT stark von der anderer Teleskope ab. Die Leistungsfähigkeit eines solchen Instruments hängt wesentlich davon ab, wie groß die Fläche des Licht sammelnden Spiegels ist. Das LBT hat durch die beiden nebeneinandergelagerten Spiegel einen eindeutigen Vorteil: Zwar besitzt jeder einzelne »nur« einen Durchmesser von 8,4 Metern, doch zusammengeschaltet erreichen sie die Lichtstärke eines einzelnen Teleskops mit zwölf Meter und das Auflösungsvermögen eines Spiegels mit 23 Meter Durchmesser.

Millimeterdünne Spiegel

Das Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg (MPIA) baut derzeit ein Instrument namens Linc-Nirvana, ein Interferometer, das die beiden Zwillingsteleskope zusammenschaltet, erläutert Ratje die Zukunftspläne. »Ich gehe davon aus, dass es ab Ende 2008 am Teleskop zum Einsatz kommt. Verglichen mit der hier versammelten Technik werden sich dann selbst die Bilder des Hubble-Teleskops bescheiden ausnehmen. Das LBT wird zehnmal so scharfe Bilder liefern«, sagt Richard Green, der Direktor der Einrichtung stolz. Green sitzt in einem unscheinbaren, spartanischen Büro im zweiten Stock des Gebäudes. Hier befinden sich die Kontrollräume für das Teleskop sowie die Unterkünfte für die Mitarbeiter. Nichts erinnert mehr an die ausgefeilte Technik, die wir von der Aussichtsplattform gesehen haben. Nur ein Bild an der Wand verweist auf die langwierige Geschichte des Baus: Auf einem Stück Papier ist ein von Hand gezeichnetes Rothörnchen zu sehen. Darüber die Worte: Mitarbeiter des Monats.

Green fährt fort: »Die hohe Auflösung ist aber nicht nur der besonderen Konstruktion der Spiegel zu verdanken. Sie beruht auch auf einer sehr anpassungsfähigen adaptiven Optik. Diese ist in der Lage, die Deformation der Lichtwellen auszugleichen, die die Turbulenzen in der Atmosphäre verursachen.« In der Praxis gibt es mehrere Möglichkeiten, gegen die Luftunruhe anzugehen. Natürlich hat jede ihre Stärken und Schwä-

chen. Am LBT wird zurzeit der Einsatz eines Laserleitstrahls diskutiert. Sein Licht durchdringt die Atmosphäre und trifft in neunzig Kilometer Höhe auf eine Schicht, die einen hohen Anteil an Natriumatomen besitzt. Der Laser regt diese zum Leuchten an. Ein künstlicher Stern entsteht, der den Astronomen als Referenzobjekt dient. Durch die Rückstreuung seines Lichts erkennt der Computer, wie stark er die Wellendeformationen korrigieren muss.

Ob die Astronomen genau diesen Weg wählen, um den Turbulenzen in der Atmosphäre zu Leibe zu rücken, ist bis jetzt noch offen, doch auf jeden Fall übernehmen zwei kleine Sekundärspiegel mit nur 91 Zentimeter Durchmesser die Korrektur dessen, was die großen Spiegel unscharf sehen. Auf jeweils 672 Aktuatoren – feinmechanischen Justierungsgeräten – gelagert kann ihre Oberfläche rund tausendmal in der Sekunde verändert und so der Blick ins All schärfer werden als jemals vorher. Nur ein weiteres Teleskop, das Multi Mirror Telescope (MMT) auf dem rund 150 Kilometer Luftlinie entfernten Mount Hopkins, ist bisher mit dieser besonderen Art adaptiver Optik ausgestattet. Sein Spiegel ist aber wesentlich kleiner.

Der Einsatz dieser Technik an sich ist nicht neu. Neu ist jedoch dieses ausgeklügelte System, das mit Sekundärspiegeln arbeitet: »An diesem Spiegel, der nur 1,5 Millimeter dünn ist, arbeiteten unsere italienischen Partner bereits seit 1992. Allein seine Herstellung hat mehrere Jahre gedauert«, erläutert Green. »Auch die Bewältigung der enormen Rechnerleistungen, um die Wölbung der Spiegel in Echtzeit korrigieren zu können, war eine knifflige Aufgabe. Unsere Experten waren lange Zeit nur damit beschäftigt, einen eigenen Computer mit besonders kurzer Verkabelung für die Datenübertragung zu bauen.«

Die Heidelberger stehen mit der Konstruktion von Linc-Nirvana ebenfalls vor einer großen technischen Herausforderung, denn auch dieses Instrument wird über einen neuartigen optischen Korrekturmechanismus verfügen. Dieser basiert auf dem Ansatz der »Multikonjugation«. Dabei füttern die Forscher Linc-Nirvana mit einer großen Datenmenge über das korrekte Aussehen von vielen Leitsternen am Himmel – ohne die atmosphärischen Turbulenzen –, damit das Instrument innerhalb des Teleskopgesichtsfelds mehrere Sterne gleichzeitig für die rechnerische Korrektur der Lichtwellen heranziehen kann. Dazu benutzt es die Sekundärspiegel des Teleskops sowie zwei weitere Spiegel, die im Instrument eingebaut sind.

Die völlig neuartige und komplexe Konstruktion des Teleskops hat die Wissenschaftler nicht nur immer wieder vor neue Probleme gestellt und so zu einer Verzögerung der Inbetriebnahme geführt, sondern es war auch erheblich teurer als gedacht: Bei Baubeginn hatten die Astronomen mit 85 Millionen Dollar gerechnet, doch bis heute hat das LBT 120 Millionen verschlungen. Eine stolze Summe, die sich aber immerhin auf viele Schultern verteilt. Neben den US-Amerikanern, allen voran die University of Arizona, tragen die deutsche LBT-Beteiligungsgesellschaft unter Führung des MPIA in Heidelberg und ein italienisches Konsortium aus 13 Observatorien jeweils 25 Prozent. »Die Kosten eines solch monumentalen und zeitaufwändigen Projekts lassen sich zu Beginn niemals exakt abschätzen«, relativiert Green lächelnd.

> Allein die Herstellung des 1,5 Millimeter dünnen Sekundärspiegels dauerte mehrere Jahre

Auf der Suche nach fernen Welten

Dass ein universitäres Projekt dieser finanziellen Größenordnung überhaupt existiert und nicht schon längst gescheitert ist, grenzt an ein Wunder. Das hat John Ratje bereits beim Betreten des Gebäudes durchblicken lassen.

Doch die Beteiligten scheinen den Preis aus zwei Gründen ohne große Reue zu zahlen. Zum einen haben fast alle Instrumente des LBT prototypischen Charakter und die wissenschaftliche Gemeinde diskutiert bereits rege ihre Einsatzmöglichkeiten für noch größere Teleskope. Der zweite Grund ist vielleicht noch wichtiger: Das LBT wird einen wesentlichen Beitrag zur astronomischen Grundlagenforschung leisten, sobald es fertig gestellt ist.

Das Teleskop soll vor allem dazu dienen, mehr über die Entstehung des Universums herauszufinden. »Das LBT ist die beste Zeitmaschine, die die Menschheit besitzt. Mit ihm können wir schon bald die ersten Galaxien, die vor etwa 14 Milliarden Jahren entstanden sind, beobachten und eingehend studieren«, frohlockt Green.

Der gestandene Wissenschaftler sitzt mit leuchtenden Augen vor mir. Kein Wunder: Green spricht von Regionen im Kosmos, die bis jetzt weit außerhalb der Reich- und Sichtweite des Menschen liegen. Denn das Licht verschiebt sich auf dem langen Weg von dort bis zur Erde so weit in den Infrarotbereich hinein, dass es auch mit den empfindlichsten Instrumenten praktisch nicht mehr wahrnehmbar ist.

Und noch etwas wird das Teleskop besonders gut können: bis zu fernen Sonnensystemen und in die Herzen benachbarter Galaxien blicken. Die Technik der Interferometrie mit den zwei Hauptspiegeln ermöglicht es nämlich, helle Sterne und andere unliebsame Lichtquellen auszublenden. Davon versprechen sich die Astronomen eine bessere Sicht auf besonders leuchtschwache Objekte wie beispielsweise Planeten oder Schwarze Löcher in den Zentren der Galaxien. »Bei diesen neuen Ausblicken wird es ebenfalls vorwiegend um die Erforschung bislang ungeklärter Fragen der Geburt von Sonnensystemen, Planeten und Galaxien gehen.«

Green lehnt sich in seinem ledernen Schreibtischsessel zurück: »Wir haben so viele Fragen, aber wahrscheinlich werden wir schließlich etwas herausfinden, wonach wir noch gar nicht gefragt haben.« So könnten die Forscher mit Hilfe des LBT bald in völlig unbekannte Welten vorstoßen. Wenn alles klappt. An den Rothörnchen kann das Projekt nun zumindest nicht mehr scheitern. <<

Der Geograf **Ingo Hübner** arbeitet als freier Wissenschafts- und Reisejournalist für verschiedene Tageszeitungen und Magazine. Er ist nun so fasziniert vom LBT, dass er damit unbedingt einmal beobachten möchte.

Links zu diesem Thema finden Sie unter
www.astronomie-heute.de/artikel/865151

Auf Galileis Spuren

Als der Naturforscher Galileo Galilei vor vier Jahrhunderten zum ersten Mal sein Fernrohr gen Himmel richtete, fand er ganz erstaunliche Dinge heraus. **>> Jim Quinn**

Stellen Sie sich vor, Sie blicken zum ersten Mal durch das Okular eines Teleskops und entdecken sofort ein völlig neues Objekt am Himmel. Wäre das nicht aufregend? Natürlich kommt so etwas eher selten vor, denn heute durchkämmen zahllose Profis und Amateurastronomen den Himmel jede Nacht. Vor vier Jahrhunderten war das Fernrohr jedoch eine revolutionäre neue Erfindung, zu der am Anfang nicht viele Menschen Zugang hatten (siehe AH März 2007, S. 16).

Als der italienische Naturforscher Galileo Galilei gegen Ende des Jahres 1609 zum ersten Mal ein Teleskop gen Himmel richtete, war er verblüfft, was er Nacht für Nacht damit entdeckte. Der unerwartete Anblick, den sein neues Instrument ihm bescherte, veränderte sein Bild von der Welt nachhaltig. Auch Sie können in Galileis Fußstapfen treten und dieselben Himmelsobjekte beobachten wie er – von den Mondkratern bis zum Miniaturplanetensystem der Jupitermonde. Wenn Sie einige der vielen Wunder am Nachthimmel »wiederentdecken«, werden Sie nach und nach immer mehr Fertigkeiten entwickeln, die ein Beobachter damals wie heute braucht. Und Sie werden beeindruckt sein, wie viele grundlegende Entdeckungen Galileo mit seinem für heutige Verhältnisse doch recht einfachen Fernrohr schon gemacht hat.

Sphärenwelt und Äther

Vor der Erfindung des Teleskops glaubten die meisten gebildeten Menschen an das Weltbild, das Aristoteles und seine Zeitgenossen im 4. Jahrhundert v. Chr. entwickelt hatten. Diese dachten, die Erde befände sich bewegungslos im Zentrum des Universums und Sonne, Mond und Planeten klebten an durchsichtigen kris- >

Mit Galileis Augen

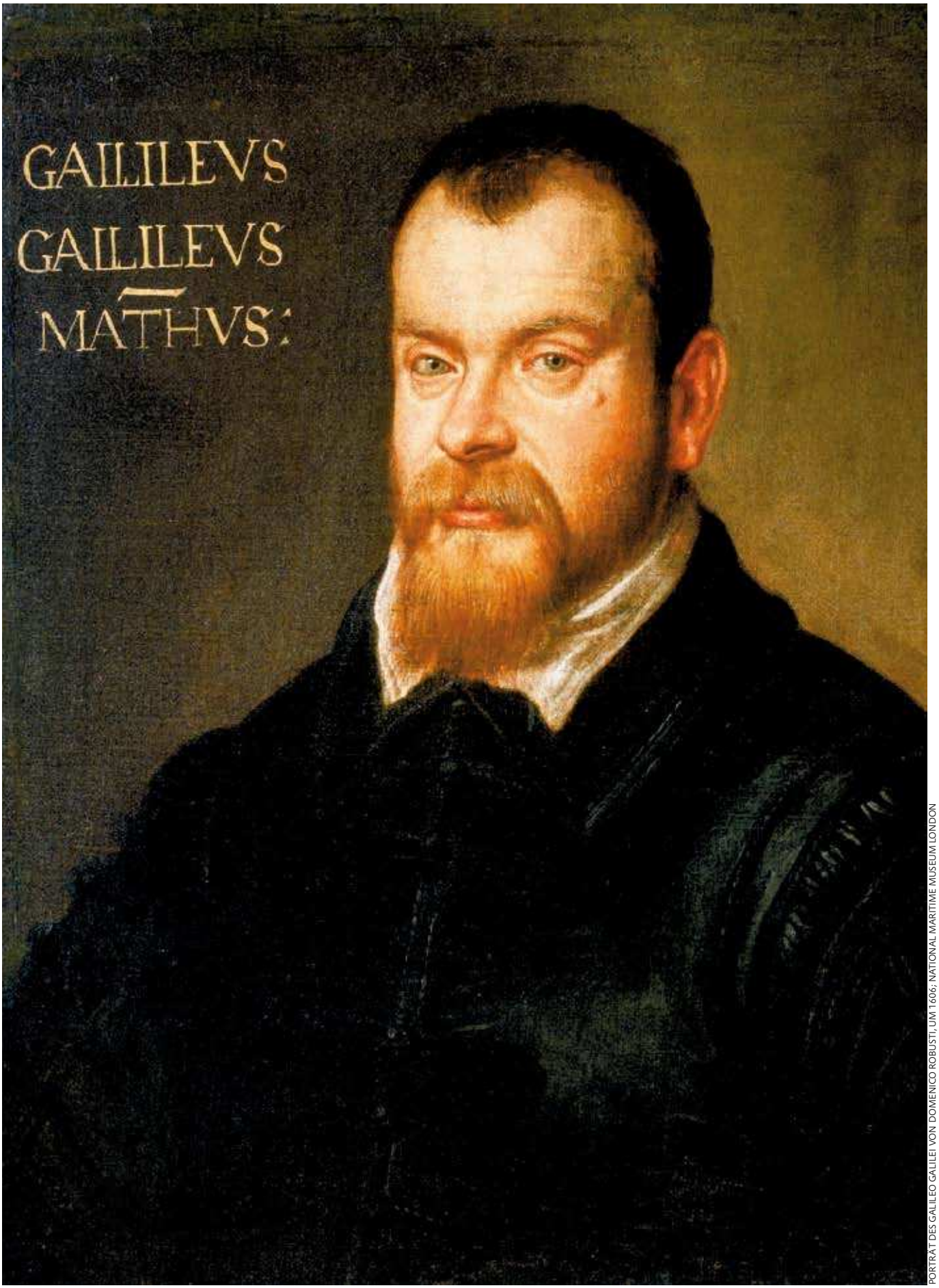
Als Ergänzung zu diesem Beitrag finden Sie unter www.wissenschaft-schulen.de das didaktische Material »Den Mond, Jupiter und Venus mit Galileos Augen betrachten«. Wir geben Ihnen Tipps, wie Sie die Oberfläche des Monds mit einem selbst gebauten Fernrohr beobachten und skizzieren können.

Des Weiteren wird das »Miniatur-Planetensystem«, welches Jupiter und seine Monde bilden, erklärt und im Zusammenhang mit dem historischen Wandel des Weltbilds vor und nach Galileo betrachtet.

wissenschaft in die schulen!

Schließlich richten wir das Augenmerk auf die Venus, die am abendlichen Himmel beobachtet werden kann.

Unser Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« führen wir zusammen mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH gefördert. <<



PORTRÄT DES GALILEO GALILEI VON DOMENICO ROBUSTI, UM 1606; NATIONAL MARITIME MUSEUM LONDON

MIT FRDL. GEN. VON JIM UND RHODA MORRIS; FOTO: NIGHT SKY, STEVEN A. SIMPSON

Im Griffith-Observatorium in Los Angeles wird die Nachbildung eines historischen Fernrohrs Galileis aufbewahrt (links). Nur noch zwei Originale der vielen von Galilei selbst gebauten Fernrohre sind heute erhalten. Sie befinden sich im Museo di Storia della Scienza in Florenz.

> tallenen Sphären ähnlich wie an den Schalen einer Zwiebel. Die Sphären, so die herrschende Ansicht, drehten sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, sodass die Sonne die Erde an nur einem Tag umkreise, während die Sterne dafür ein ganzes Jahr benötigten. Im Gegensatz zur iridschen Materie sei der Raum zwischen den kristallenen Sphären von einem perfekten, unverwandelbaren und unvergänglichen Stoff – dem »Äther« – erfüllt. Während des 2. Jahrhunderts v. Chr. entwickelte der einflussreiche Astronom und Geograf Claudius Ptolemäus sogar ein noch komplizierteres Modell eines kristallenen Mechanismus, das fast 1500 Jahre lang kaum jemand in Frage stellte.

Lassen Sie Ihrer Fantasie freien Lauf und stellen Sie sich einmal vor, wie der Nachthimmel auf die Menschen zu Galileis Zeit gewirkt haben muss. Versuchen Sie, die Sterne einmal nicht als ferne Sonnen zu sehen, sondern als Lichtpunkte, die vom Rand des Universums aus leuchten. Denken Sie sich die Planeten als perfekte, ewige Körper statt als vergängliche Welten mit eigenen Monden.

Natürlich glaubten auch damals nicht alle Zeitgenossen an die Modelle von Aristoteles und Ptolemäus. Im Jahr 1543 veröffentlichte Nikolaus Kopernikus ein vollkommen anderes Konzept, in dem er die Sonne in den Mittelpunkt des Universums setzte und sie von der Erde und den anderen Planeten umkreisen ließ. Das war eine revolutionäre Idee, aber die meisten anerkannten Experten glaubten weiterhin an das ptolemäische Weltbild. Doch nach und nach änderte sich das.

Patent auf »Kijker«

Im Oktober 1608 stellte Hans Lipperhey, ein niederländischer Hersteller von Augengläsern, einen Antrag auf ein Patent für eine Erfindung, die er »Kijker« (»Gucker«) nannte. Dieses Gerät bestand aus einer Röhre mit einer konvexen Linse am vorderen und einer konkaven am hinteren Ende vor dem Okular. Entfernte Objekte erschienen damit viel näher.

Wenige Monate später erfuhr Galilei in Italien von Lipperheys Erfindung und baute sich selbst ein solches Instrument. Im August 1609 präsentierte er dem Senat von Venedig ein Fernrohr mit achtfacher Vergrößerung. Die städtischen Würdenträger waren beeindruckt, verdoppelten Galileis Gehalt und verschafften ihm eine Stelle auf Lebenszeit.

Danach baute sich der frisch ernannte Professor ein Teleskop mit zwanzigfacher Vergrößerung und begann damit den Nachthimmel zu untersuchen. Im Vergleich zu heutigen Linsenfernrohren war Galileis Instrument jedoch nicht besonders leistungsstark. Die Vorderlinse besaß nur einen Durchmesser von 37 Millimetern, das Gesichtsfeld war auf bescheidene

Hervorgehoben Seine ersten Beobachtungen veröffentlichte Galilei im Jahr 1610 in seinem Buch »Sidereus Nuncius« (»Nachricht von neuen Sternen«). In einer Zeichnung vom Halbmond (oben) lenkte er die Aufmerksamkeit des Betrachters gezielt auf den Terminator. Die kreisrunde Vertiefung unterhalb der Mitte ist höchstwahrscheinlich der Krater Albategnius.

ZEICHNUNG AUS: GALILEO GALILEI, SIDEREUS NUNCIUS, 1610; FOTO: GARY SERONIK

vierzig Zentimeter Durchmesser bei etwa neunzig Meter Entfernung beschränkt und damit viel enger als das der meisten heutigen Instrumente. Doch dieses Teleskop war gut genug, um damit einige der bedeutendsten Entdeckungen in der Geschichte der Astronomie zu machen.

Wie die meisten Sternfreunde beobachtete Galilei zunächst den Mond. Betrachten Sie beim nächsten Vollmond unseren himmlischen Begleiter einmal genauer und versuchen Sie dabei, alle Fotos, die Sie bisher von Mondlandschaften gesehen haben, zu vergessen. Den Zeitgenossen Galileis erschien der Mond als makellose Scheibe. Die grau gesprenkelten Muster, die sich die Menschen damals vorstellten, erschienen ihnen als Gebiete von unterschiedlicher Dichte. Denken Sie daran, wenn Sie den Mond durch Ihr Fernglas oder ein Teleskop betrachten. Besonders eindrucksvoll ist das Gebiet um den Terminator, die Tag-Nacht-Grenze, wo es durch die langen Schatten einfacher ist, die wahren Landschaftsformationen zu erkennen.

Mit Papier und Bleistift

Als Galilei das Gebiet der Tag-Nacht-Grenze genauer beobachtete, stellte er fest, dass die Mondlandschaft in Wirklichkeit aus Bergen, Tälern und Kratern bestand, die Oberfläche des Monds also nicht perfekt war. Galilei verfolgte mit seinem Fernrohr, wie der Terminator Nacht für Nacht über die lunare Landschaft wanderte, und fertigte Skizzen davon an, um auch andere an seinen Entdeckungen teilhaben zu lassen. Noch heute ist es hilfreich, die eigenen Beobachtungen mit Papier und Bleistift festzuhalten (siehe AH Juli-August 2005, S. 75), denn so prägen Sie sich mehr Details ein.

Galileis Zeichnungen geben die zerklüftete Mondoberfläche sehr genau wieder. Auf einem Blatt hebt er einen Mondkrater am Terminator besonders hervor, vermutlich den Krater Albategnius (Bild links unten und rechts oben).

Nach dem Mond sind die Planeten die spannendsten Objekte des Nachthimmels. Als Galilei seine Beobachtungen im Jahr 1609 begann, stand Jupiter hell am Abendhimmel und war daher ein besonders einladendes Ziel. Auch Sie sollten keine Probleme haben, ihn zu entdecken. Zurzeit ist er vor Sonnenaufgang am Südhimmel sichtbar. Wenn der Mond nicht scheint, gibt es kaum einen helleren >

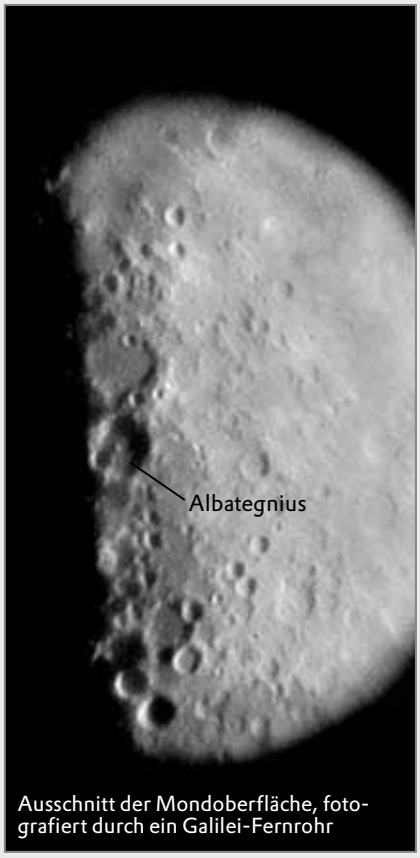
Galileis Teleskope

Zwei von Galilei gebaute Fernrohre sind noch erhalten und werden im Museum für Wissenschaftsgeschichte in Florenz aufbewahrt. Er verwendete jeweils eine konvexe Linse für das Objektiv und eine konkave für das Okular seiner Fernrohre. So entsteht ein Bild, das genauso korrekt ausgerichtet ist wie in einem Fernglas, allerdings mit einer viel stärkeren Vergrößerung und einem viel engeren Gesichtsfeld.

Viele Menschen glauben, dass Galileis Teleskope über eine schlechte Optik verfügten. Es stimmt zwar, dass das von ihm verwendete Glas kleine Schönheitsfehler aufwies und dass die Bauweise seiner Fernrohre zu optischen Abbildungsfehlern führte, doch Wissenschaftler haben seine Instrumente mehrmals gründlich untersucht und dabei festgestellt, dass die heute noch existierenden Originale ursprünglich im Wesentlichen genauso gut funktionierten wie ähnlich konstruierte Fernrohre heute.

Um die Qualität von Galileis Beobachtungen zu testen, haben wir sein Teleskop nachgebaut – mit einem plankonvexen Objektiv der Brennweite tausend Millimeter und einem plankonkaven Okular mit fünfzig Millimeter Brennweite, die zwanzigfach vergrößern. Wir montierten die Linsen in einem PVC-Tubus, den wir anschließend mit einer digitalen Drei-Megapixel-Kamera verbanden und auf eine Skytracking-Montierung setzten. Da das Teleskop Galileis stets nur einen Teil des Monds auf einmal zeigen konnte, ist seine berühmte Radierung im »Sidereus Nuncius« offenbar ein Mosaik, das aus vielen kleinen Feldern besteht. Dies führt vermutlich zu vielen Verzerrungen in den Größenverhältnissen und der genauen Position verschiedener Objekte. Trotzdem war Galileo Galilei in der Lage, eine Vielfalt an Details in einzelnen Kratern und um sie herum zu erkennen und in seinen Karten festzuhalten.

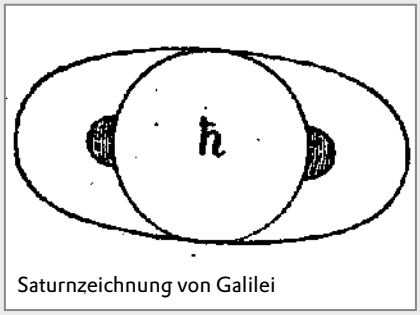
Obwohl Galilei ein guter Beobachter mit einem bemerkenswerten deduktiven Verstand war, konnte er die Ringe Saturns niemals genau genug in Augenschein nehmen, um ihre wahre Natur zu entschlüsseln. Die von ihm benutzten kleinen Öffnungen zeigten einfach nicht genug Details.



Ausschnitt der Mondoberfläche, fotografiert durch ein Galilei-Fernrohr

BEIDE FOTOS: TOM POPE

Der Ringplanet durch Galileis Teleskop



Saturnzeichnung von Galilei

AUS: GALILEO GALILEI, IL SAGGIATORE, 1623

Unser Foto vom Ringplaneten, aufgenommen im Dezember 2002 mit einer Belichtungszeit von einer halben Sekunde, sieht einer Zeichnung Saturns sehr ähnlich, die Galilei im Jahr 1623 veröffentlichte. **>> Tom Pope und Jim Mosher**

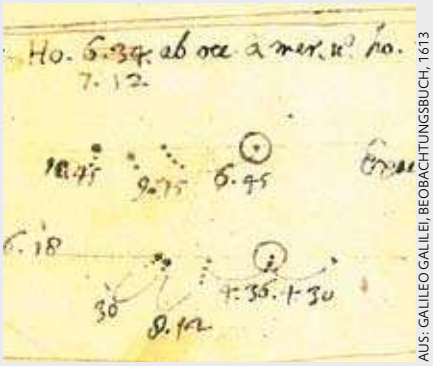
Jupiters tanzende Monde

Als Galilei am 7. Januar 1610 zum ersten Mal Jupiter durch ein Teleskop beobachtete, fielen ihm gleich drei »Sterne« um Jupiter auf, die eine gerade Linie bildeten.

Stellen Sie sich vor, wie verblüfft er in der darauf folgenden Nacht gewesen sein muss, als er feststellte, dass das Trio seine Position verändert hatte (siehe Skizzen unten). Einige Nächte später entdeckte er schließlich auch den vierten der heute nach ihm benannten »Galileischen Monde«.

Anfang Januar 1613 bedeckte Jupiter den damals noch unbekannten Planeten Neptun. Galilei notierte sich zu dieser Zeit zweimal einen Fixstern nahe Jupiter, so zum Beispiel in der Nacht vom 5. auf den 6. Januar (siehe Skizze rechts).

In Wirklichkeit hatte er den achten Planeten des Sonnensystems bereits 233 Jahre vor seiner offiziellen Entdeckung gesehen, wie eine Simulation der entsprechenden Nacht (Bild rechts unten) zeigt. <<



AUS: GALILEO GALILEI, BEOBACHTUNGSBUCH, 1613

AUS: GALILEO GALILEI, SIDEREUS NUNCIUS, 1610

AH / STARRY NIGHT

> Himmelskörper. Bereits mit einem kleinen Teleskop sieht man, dass Jupiter eine eigene Welt für sich ist und nicht nur ein Lichtpunkt am Himmel. Das Jupitersystem hat durchaus einige Extras zu bieten: Seine vier größten Monde sind sehr hell und schon im Fernglas leicht zu erkennen. Ihre Positionsänderungen sind gut verfolgbar und weil wir von der Erde aus seitlich auf die Mondbahnen blicken, beschreiben sie mehr oder weniger eine gerade Linie von Ost nach West.

Ein Beweis für das kopernikanische Modell

Zuerst glaubte Galilei, dass die vier kleinen Lichtpunkte um Jupiter herum einfach nur Hintergrundsterne seien. Doch bei seinen nächtlichen Beobachtungen merkte er sehr bald, dass sie zwar ihre Position veränderten, sich jedoch niemals sehr weit vom Mutterplaneten weg bewegten. Galilei folgerte, dass er hier wohl vier Monde des Planeten Jupiter vor sich hatte. In den Schriften des Aristoteles und des Ptolemäus stand nichts über die Existenz von solchen Begleitern, und so schloss er messerscharf, dass er hiermit einen neuen Beweis für die kopernikanische Theorie gefunden hatte. Indem er zeigte, dass Jupiter und seine Trabanten die Sonne gemeinsam umkreisten, wurde der Analogieschluss für das System Erde-Mond und damit für das kopernikanische Weltbild noch glaubwürdiger. Kritiker dieser Theorie hatten immer behauptet, die Erde würde Gefahr laufen, vom Mond wegzudriften, wenn sie sich bewegen würde.

Galilei schrieb: »Hierin finden wir ein schönes und vornehmes Argument, das die Zweifel all jener beseitigen wird, die – obwohl sie mit ruhigem Gemüt die Bewegungen der Planeten um die Sonne im kopernikanischen System akzeptieren – sich darüber beunruhigen, dass der Mond alleine um die Erde kreisen und sie in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne begleiten könnte. Manche glaubten, dass diese Struktur des Universums als unmöglich zurückgewiesen werden sollte. Doch nun gibt es nicht nur einen Mond, der die Erde umkreist, während beide auf einer größeren Bahn die Sonne umrunden. Unsere Augen zeigen uns vier Körper, die um Jupiter herumwandern wie der Mond um die Erde, während alle zusammen sich in einem Zeitraum von zwölf Jahren um die Sonne drehen.«

Heute besitzen die meisten Sternfreunde Teleskope, die viel mehr Details zeigen, als sie Galilei in seinen selbst gebauten Fernrohren jemals erblicken konnte. Ab fünfzigfacher Vergrößerung sehen Sie auf dem Gasriesen Jupiter bereits die zwei dunklen Wolkenbänder, die seine Mitte umgürten. Wenn Sie den richtigen Zeitpunkt erwischen und das Seeing gut ist, entdecken Sie vielleicht sogar das hurrikanähnliche Oval, den so genannten Großen Roten Fleck. Galilei konnte Jupiters Wolkenbänder offenbar nicht sehen. Sie wurden erst eine Generation später – im Jahr 1664 – von anderen Forschern entdeckt.

Wir wissen, dass Galilei auch den Ringplaneten Saturn beobachtete, der gerade einen Monat zuvor in Opposition gestanden hatte. Doch sein Teleskop war nicht gut genug, um die Ringe des Planeten als das zu zeigen, was sie in Wirklichkeit sind: dünne, flache Scheiben aus Eis- und Felsbrocken. Anfangs hielt Galilei die Ringe für zwei eigenständige Himmelskörper im Schatten Saturns. Im Jahr 1612, als die Sichtlinie von der Erde direkt auf die Kanten des Ringsystems fiel, war er sogar davon überzeugt, dass sie ganz verschwunden seien. »Ich weiß nicht, was ich zu diesem so überraschenden, so unerwarteten und so neuen Vorkommnis sagen soll«, schrieb er.

Es gibt keinen Anhaltspunkt dafür, dass Galilei den damals noch unbekannten Planeten Uranus gesehen hat,

doch seine Aufzeichnungen beweisen: Galilei sah Neptun bereits in unmittelbarer Nähe Jupiters durch sein Fernrohr und hielt ihn für einen Stern (siehe Kasten links). Neptun läuft nur sehr langsam auf seiner Umlaufbahn und benötigt fast 165 Jahre, um die Sonne einmal zu umkreisen. Die scheinbare Bewegung der äußeren Planeten inmitten der Sterne kommt fast zu einem Halt und kehrt sich zu vorhersagbaren Zeitpunkten sogar um. Neptun bewegte sich fast gar nicht, als Galilei ihn neben Jupiter beobachtete. Hätte er ihn noch ein bisschen länger verfolgt, so wäre ihm mit Sicherheit aufgefallen, dass er einen Wandelstern vor sich hatte.

Die Phasen der Venus

Im Dezember 1610 hatte Galilei bereits einen ersten Bericht über seine Beobachtungen mit dem Teleskop im »Sidereus Nuncius« veröffentlicht und setzte seine Erkundung der zu jener Zeit bekannten Planeten fort. Sein nächstes Ziel war die Venus, die damals strahlend hell am Abendhimmel stand.

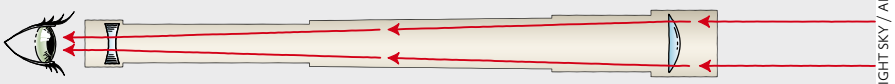
Zurzeit können Sie die Venus am westlichen Abendhimmel eine Stunde nach Sonnenuntergang gut sehen. Vielleicht ist sie, trotz ihrer Helligkeit, für Sie am Teleskop jedoch ein enttäuschendes Beobachtungsobjekt, denn es umgeben sie dichte Wolken, die alle Einzelheiten auf ihrer Oberfläche verdecken.

Die wichtigste Entdeckung ist jedoch, dass Venus nicht vollkommen rund ist. Sie sieht eher aus wie ein lang gezogener Ball, der nur so tut, als wäre er ein gewölbter Planet. Wenn Sie sie während der nächsten Wochen kontinuierlich beobachten, so werden Sie merken, dass sie voller (also runder) und wieder schmaler wird.

Diese Veränderungen im Erscheinungsbild der Venus stehen für eine besonders bedeutsame Entdeckung Galileis: die Phasengestalt des Planeten! Das ist ein Beweis dafür, dass auch Venus die Sonne umkreist. Wenn Sie sich einmal vor Augen halten, wie Nikolaus Kopernikus die Bewegung der Planeten erklärte, können Sie sich vorstellen, wie die Venus von der Erde aus aussieht. Je nachdem, in welcher Position sie sich relativ zur Sonne befindet, kann sie wie eine Sichel, ein Halbkreis oder eine Kugel wirken. Während ihrer sichelförmigen Phase wirkt die Venus am größten, da sie ge- >

Bauen Sie Galileis Teleskop nach

Galilei-Fernrohr mit 21-facher Vergrößerung



Okularlinse
D = 22 mm
f = 48 mm

Abstand der Linsen = 930 mm
(nicht maßstabsgerecht)

Objektivlinse
D = 37 mm
f = 980 mm

NIGHT SKY / AH

Wenn Sie nachvollziehen wollen, wie Galilei arbeitete, dann bauen Sie doch einmal eines seiner Teleskope nach. Das ist ziemlich einfach, preisgünstig und vermittelt gleichzeitig erste optische Kenntnisse. Heutzutage gibt es keine genau passenden Gegenstücke zu den Linsen Galileis mehr zu kaufen, doch für weniger als fünfzig Euro sind bereits zwei vergleichbare Exemplare erhältlich.

Für das Objektiv benötigen Sie eine konvexe Linse mit einem Durchmesser (D) von bis zu vierzig Millimetern und einer Brennweite (f) von etwa tausend Millimetern. Für das Okular wählen Sie am besten eine konkave Linse mit einer Brennweite von ungefähr fünfzig Millimetern. Zusammen ergeben diese beiden eine zwanzigfache Vergrößerung.

Wenn Sie die passenden Linsen gefunden haben, müssen Sie sie in einer Röhre fixieren. Benutzen Sie dazu einfach zwei ineinandergesteckte Pappröhren mit Plastikdeckeln, wie sie etwa zum Verschicken von Postern gebräuchlich sind. Wenn Sie etwas robusteres Material wollen, versuchen Sie es mit Sanitärrohren aus PVC. In beiden Fällen besprühen Sie am besten die Innenseite Ihres Tubus mit matter, schwarzer Farbe, um Reflexionen zu vermeiden und den Kontrast zu erhöhen.

Befestigen Sie die Objektivlinse fest am breiteren äußeren Tubus, die Okularlinse am inneren Tubus. Provisorische Halterungen für die Linsen bauen Sie am besten, indem Sie etwa auf Sanitärdichtungen, Haushaltsbuchsen oder Autoteile zurückgreifen. Schneiden Sie mit einem einfachen Taschenmesser Pappscheiben zu, auf welche die Linsen passen. Achten Sie darauf, dass die beiden Röhren jeweils genügend Abstand haben, um sich ohne Widerstand ineinanderschieben zu lassen. Am besten geht das mit Hilfe von Isolier- oder Klebeband.

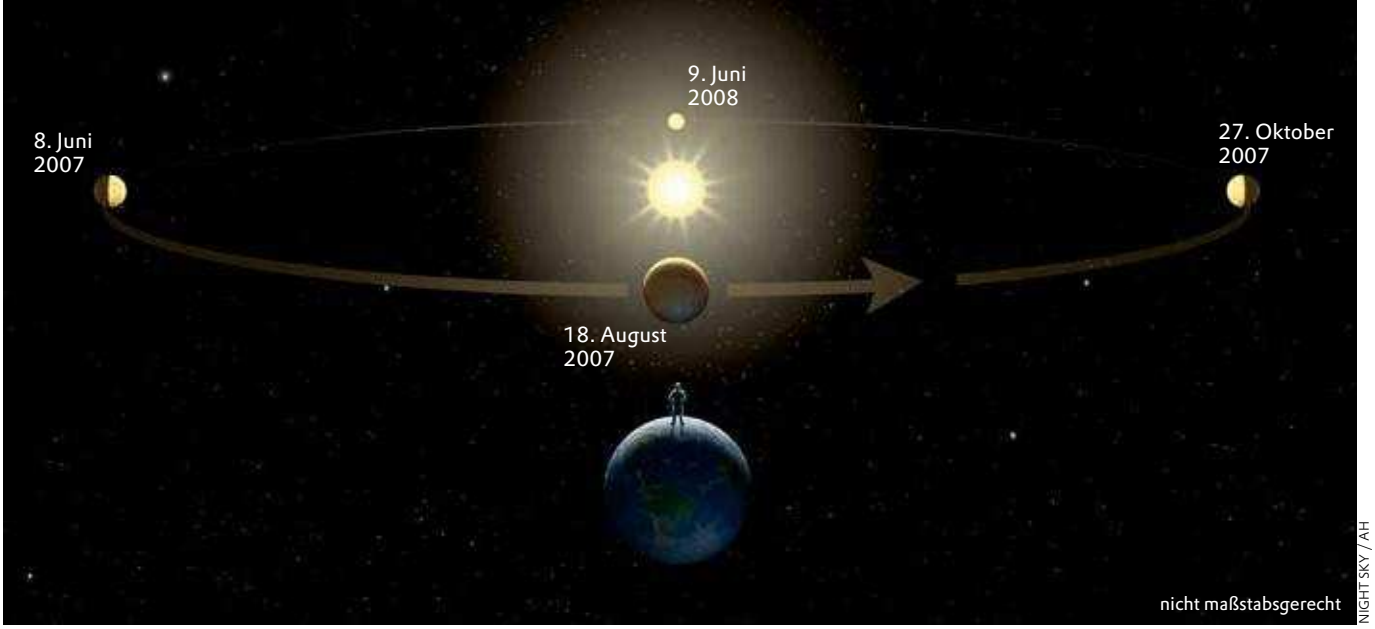
Galilei umhüllte seine hölzernen Tuben manchmal mit einem Ledertuch. Sie können auch eine äußere Hülle aus braunem selbstklebendem Vinyl, wie man es in Baumärkten kaufen kann, anfertigen. Dann sieht Ihr Teleskop noch besser aus.

Wenn Sie all dies zusammengefügt haben, stellen Sie wahrscheinlich fest, dass Sie Ihr Teleskop beim Beobachten kaum ruhig halten können. Wir wissen nicht, welche Art Montierung Galilei benutzte, also sind Ihrer Fantasie hier keine Grenzen gesetzt. Ein Kamerastativ und Gummibänder oder einfache Seile leisten gute Dienste. Oder Sie stützen den Tubus auf einen festen Pfosten, einen Baum oder eine Mauer.

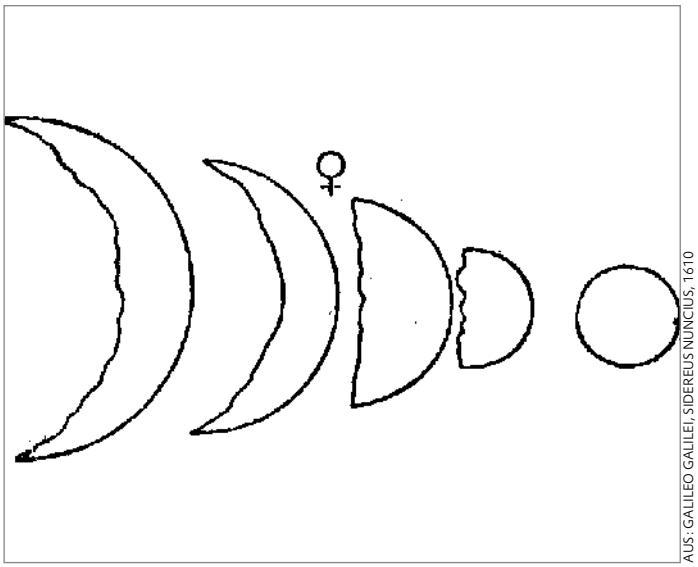
Bausätze zum Nachbau von Galileis Teleskopen können Sie unter anderem von der Firma Astromedia (www.astromedia.de) beziehen. **>> Jim Quinn**

Galileis Fernrohr als Bausatz von der Firma Astromedia

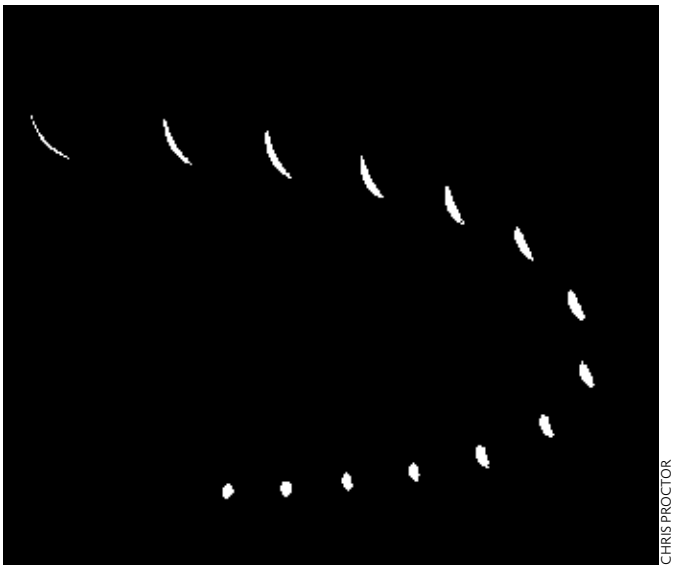
ASTROMEDIA.DE



NIGHT SKY / AH



AUS: GALILEO GALILEI, SIDEREUS NUNCIUS, 1610



CHRIS PROCTOR

Die Phasen der Venus Im »Sidereus Nuncius« beschrieb Galilei, dass die Venus ähnlich wie der Mond unterschiedliche Phasen und Größen durchläuft – und bewies damit, dass sie die Sonne und nicht die Erde umkreist (Abbildung oben). Von der Erde aus betrachtet absolviert die Venus in 19 Monaten einen vollständigen Zyklus. An einem Teleskop mit fünfzigfache Vergrößerung können Sie beobachten, wie Venus von Woche zu Woche ihr Erscheinungsbild ändert (Zeichnung links, Abbildung rechts).

> nau vor der Sonne und recht nah bei der Erde steht. Am kleinsten ist das Venusscheibchen, wenn es voll ist, da es zu diesem Zeitpunkt von der Erde aus gesehen jenseits der Sonne und damit weit entfernt steht. Ihre Form ist vor allem dann gut sichtbar, wenn sie sich als dünne, helle Sichel zeigt.

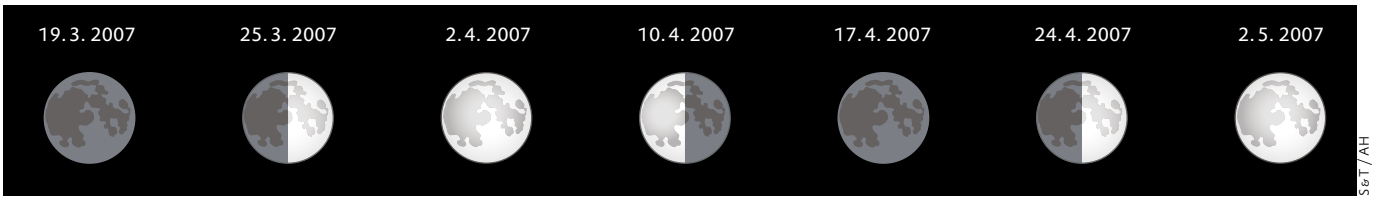
Wenn Sie Galileis Schritten auf seiner Wanderung über den Nachthimmel folgen, vergessen Sie nicht, welche Konsequenzen seine Entdeckungen vor vierhundert Jahren nach sich zogen. Seine Beobachtungen waren für die damalige Zeit eine Sensation, die ihn zu einer wissenschaftliche Berühmtheit machten und in der Öffentlichkeit ein großes Interesse für Teleskope und die Astronomie weckte. Galilei nutzte diese Gelegenheit, um der reichen und mächtigen Familie Medici zu huldigen: Sein Buch »Sidereus Nuncius« widmete er dem Großherzog Cosimo II. de' Medici, Jupiters Monde bezeichnete er gar als »Medici-Sterne«. Geschmeichelt ernannte der Großherzog Galilei zu seinem Hofphysiker, unterstützte seine Arbeit großzügig und nahm ihn vor Kritikern in Schutz.

Galileis selbst gebaute Teleskope bereicherten und veränderten sein Leben auf eine Art und Weise, wie er es sich wohl niemals hätte träumen lassen, als er die Instrumente zum ersten Mal gen Himmel richtete. Natürlich eckte er bei den Kirchenoberen an, die ihn schließlich der Gotteslästerung beschuldigten, weil er das kopernikanische Weltbild vertrat.

Doch all dies geschah erst 22 Jahre nach der Veröffentlichung des »Sidereus Nuncius«. In der Zwischenzeit hatte Galilei bereits mehrfach Kapital aus seinen berühmten Entdeckungen geschlagen. Er hinterließ ein wissenschaftliches Erbe, das den Beginn der modernen Physik und Astronomie kennzeichnet.

Vielleicht hat auch Sie Ihr erster Blick durch ein Teleskop auf Jupiter, die Mondlandschaften oder die Sichel der Venus verändert. Bei vielen Menschen weckt eine solche Erfahrung ein lebenslanges Interesse für die Wissenschaft. Und bei allen verstärkt er die Ehrfurcht, die wir unserem Universum entgegenbringen. <<

Jim Quinn ist Journalist in North Canton, Ohio.



S&T / AH

Das Trio im Leo

Neben wenigen hellen Sternen bietet der Frühling Gelegenheit für einen Blick heraus aus der Milchstraße. **>> Fred Schaaf**

Mal ganz ehrlich: Dem Frühlingshimmel fehlt's an Pep. Anders als im Winter wecken nun nur wenige Konstellationen unsere Aufmerksamkeit. Eine davon ist Ursa Maior, der Große Bär, der in diesem Monat hoch über unseren Köpfen trottet. Doch selbst die Sterne des Großen Wagens innerhalb des Bären bringen es nur auf 2. bis 3. Größe. Bleiben noch die richtig hellen Frühlingssterne: Der Bärenhüter (»Bootes«) kann mit Arktur aufwarten, der mit 0. Größe scheint. In der Jungfrau (»Virgo«) gibt es Spika mit 1. Größe und im Herzen des Löwen (»Leo«) den 1,4te-Größe-Stern Regulus. Südlich davon liegen mehrere unauffällige Konstellationen, die auf der Sterntafel (S. 46) teilweise gar nicht eingezeichnet sind: das Einhorn (»Monoceros«), der Krebs (»Cancer«, Cnc), die Wasserschlange (»Hydra«, Hya), der Sextant (»Sextans«) und der Becher (»Crater«, Crt).

Da hier keine Sterne stören, können Sie dort Galaxien entdecken, die Millionen von Lichtjahren entfernt sind.

Im Feldstechertipp (S. 55) erfahren Sie etwas über das Galaxienpaar M 81 und M 82. Auch im Löwen (»Leo«) finden Sie so einen Doppelpack: Unter seinem Hinterteil liegen M 65 und M 66. Diese beiden Spiralen stehen nur zwanzig Bogenminuten auseinander. Ich habe diese 9.-Größe-Welteninseln schon mit einem großen Feldstecher beobachtet, allerdings geht das nur bei richtig dunklem Himmel.

M 66 präsentiert sich fast in Aufsicht. In meinem Acht-Zoll-Reflektor hat die Galaxie einen hellen Kern, den ein etwas unregelmäßiger, ovaler Halo von 9×4 Bogenminuten umschließt. Bei guten Bedingungen deutet sich vage ein Spiralarm an, der sich nach Süden erstreckt.

M 65 bietet uns nur die Schmalseite. Die Ellipse misst 10×3 Bogenminuten und zeigt eine deutliche zentrale Wölbung. Eine feine Staublinie verläuft über ihre östliche Flanke.

Beide Galaxien passen gemeinsam in das Gesichtsfeld eines mittelstark vergrößernden Okulars. In einem Teleskop mit mehr Öffnung sehen Sie nördlich davon noch NGC 3628 – wir schauen direkt auf die Kante dieser lichtschwachen Spiralgalaxie, die das Trio vervollständigt.

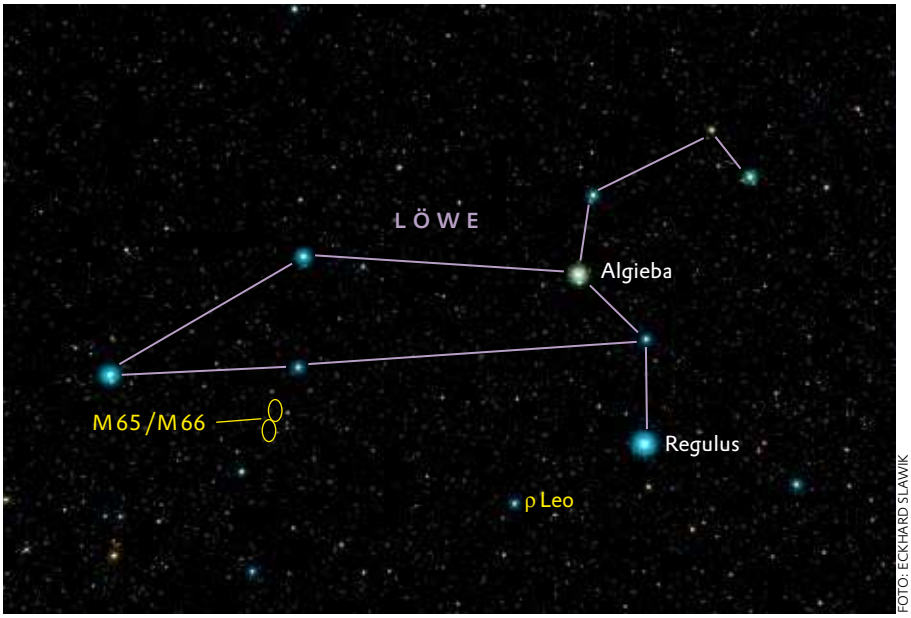


FOTO: ECKHARD SLAWIK

Planeten im April

Venus bleibt mit –4. Größe die unangefochtene Königin des Abendrots. Sie steht am 1. April bei Sonnenuntergang mehr als dreißig Grad über dem Westhorizont, am Monatsende sogar vierzig. Am dunklen Himmel verschwindet sie erst dreieinhalb Stunden nach der Sonne.

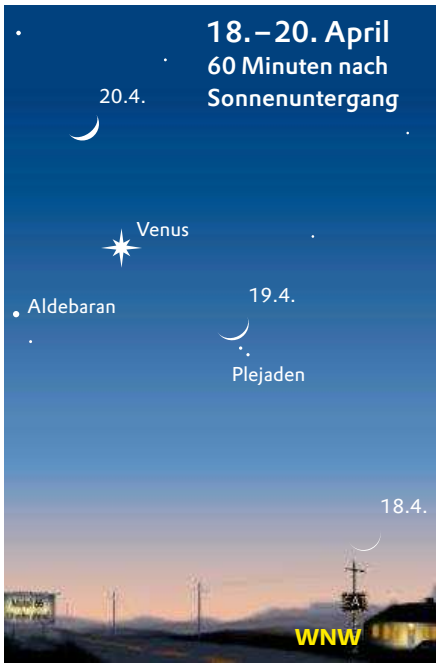
Beeindruckend groß ist ihre Scheibe noch nicht: Am 30. April kommt sie auf 16 Bogensekunden. Doch ihre leicht gewölbte Phase können Sie im Teleskop gut ausmachen. Am besten ist die Sicht gleich nach oder sogar kurz vor Sonnenuntergang, wenn der helle Himmel das Gleißen der Planetenscheibe abmildert.

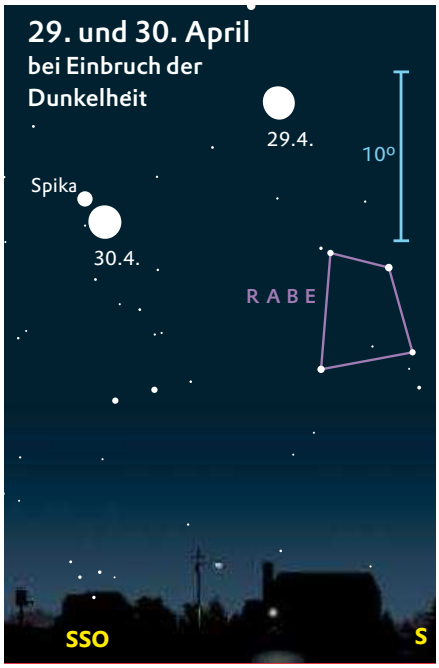
Um die Aussicht am 19. April bei fortschreitender Dämmerung zu genießen, brauchen Sie kein Fernrohr. Wenn es dunkler wird, scheint Venus über zwei Sternhaufen, die langsam in der Dämmerung sichtbar werden: die v-förmigen Hyaden um Aldebaran zur Linken sowie die Plejaden zur Rechten (Grafik S. 45, oben links).

Saturn, der bei Einbruch der Nacht hoch im Südosten steht, zieht gegenläufig (»retrograd«) zum Fixsternhimmel

Unterhalb des Löwen verbergen sich mit M 65 und M 66 zwei hübsche kleine Galaxiengruppen.

In der Abenddämmerung des 19. nähert sich eine dünne Sichel den Plejaden (unten). Fast voll steht der Mond am 30. keine zwei Grad unterhalb von Spika (rechts).





S&T / AH

nach Westen: durch den Löwen zur Grenze zwischen diesem und dem Krebs (»Saturn im Rampenlicht«, S. 50). Um die Monatsmitte herum stoppt der helle Planet 0,3ter Größe kurz vor dieser unsichtbaren Linie, um anschließend seine Ostwärtsbewegung aufzunehmen – prograd zu werden. Den ganzen Monat hindurch können Sie mit einem Teleskop beobachten, wie der Schatten des Globus auf den Ringen wächst, während Saturn sich aus seiner Opposition löst.

Jupiter erscheint zu Beginn des Monats nach Mitternacht, zum Monatsende dagegen schon wesentlich früher. Er strahlt mit –2,4ter Größe, bleibt aber tief im Süden des Schlangenträgers, etwa zehn Grad ostnordöstlich von Antares. Auch Jupiter bewegt sich nun für den Rest des Frühlings und einen Großteil des Sommers retrograd. Fürs Beobachten mit dem Teleskop sollten Sie sich jetzt die Stunden der Morgendämmerung reservieren, wenn der Planet den Meridian überquert und dabei seine maximale Höhe über dem Horizont erreicht.

Mars, auf seiner scheinbar nicht enden wollenden Jagd nach der Sonne, zieht im morgendlichen Zwielicht eineinhalb Grad unterhalb der bläulichen 6.-Größe-Murmel Uranus vorbei. Der Rote Planet bringt es dagegen auf 1. Größe, Tendenz: heller werdend.

Der **Mond** lässt es diesen Monat ruhig angehen. Wenn er am frühen Morgen des 7. aufgeht, ist die Bedeckung von Pi Scorpii (π Sco) bereits vorüber. Auch der Vorbeigang an Mars bleibt uns verborgen. Wenn beide in der Morgendämmerung des 14. aufgehen, sind sie schon wieder mehr als anderthalb Grad voneinander getrennt.

Als hätte er nach Neumond wieder Kraft geschöpft, setzt er sich, drei Tage alt, am 19. als Sahnehäubchen zwischen Plejaden und Venus (Grafik oben links). Gegen Mitternacht vom 26. auf den 27. bedeckt er – dunkle Seite voran – den 4.-Größe-Stern Rho Leonis (ρ Leo) für eine gute Stunde. Am 30. schließlich läuft er etwa zwei Grad unter Spika vorbei (Grafik oben rechts).

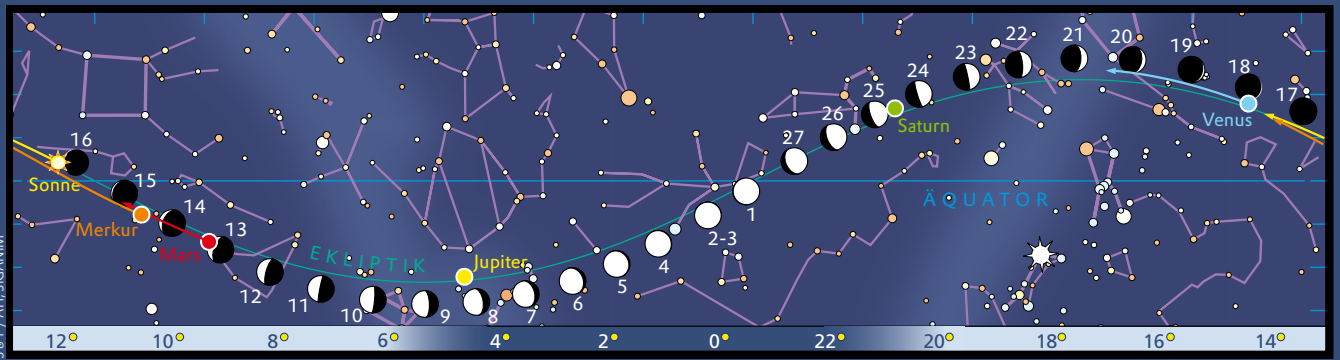
Unscheinbare Meteore

In den Morgenstunden des 23. April ist der Lyriden-Meteorschauer, benannt nach dem Sternbild Leier (»Lyra«), am besten zu sehen. Leider wird nur eine geringe Aktivität erwartet. Selbst unter einem recht dunklen Himmel werden Sie wohl nicht viel mehr als ein Dutzend Meteore pro Stunde zu Gesicht bekommen. <<

Das Monatspanorama zeigt die Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27. April. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten vor den Fixsternen von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an, zu der der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf mag Löwen im Zoo genauso gern wie am Himmel.

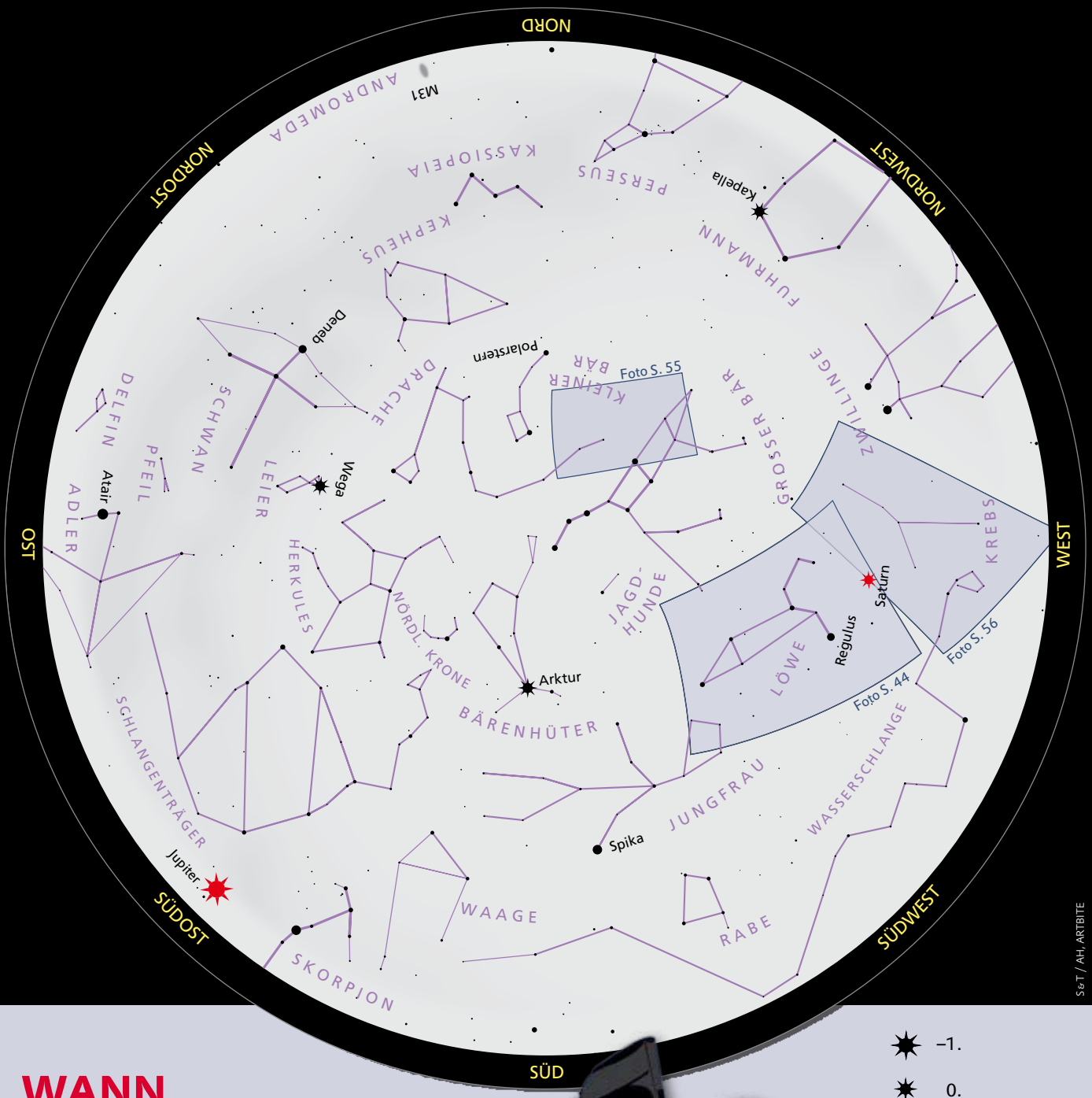
Der Mond und die Planeten im April 2007



S&T / AH, SIGANIM

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

STERNTAFEL



S & T / AH, ARTBITE

WANN

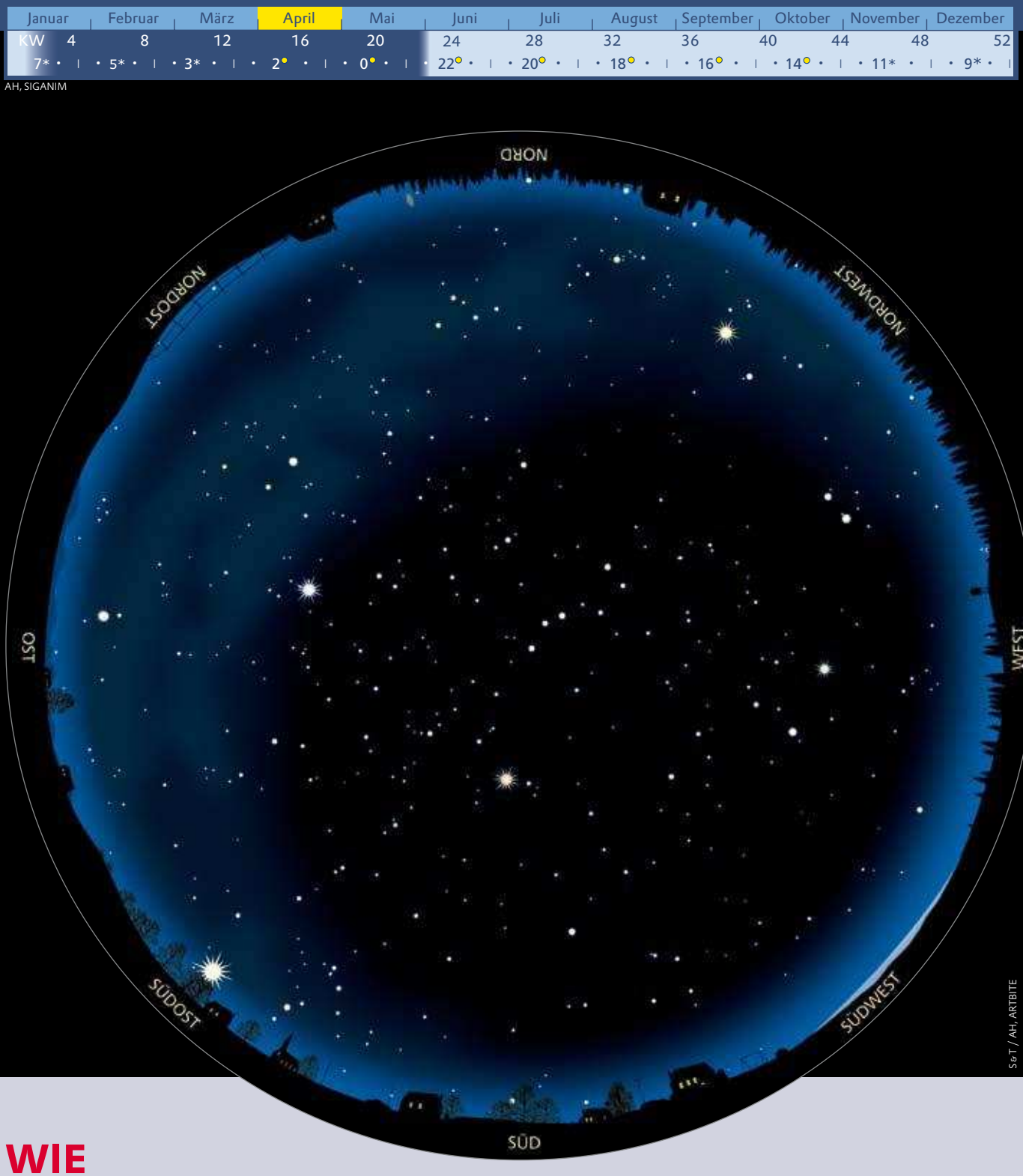
Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

zweite Märzhälfte:	**2 Uhr***
zweite Aprilhälfte:	**1 Uhr°**
zweite Maihälfte:	**23 Uhr°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

S & T

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



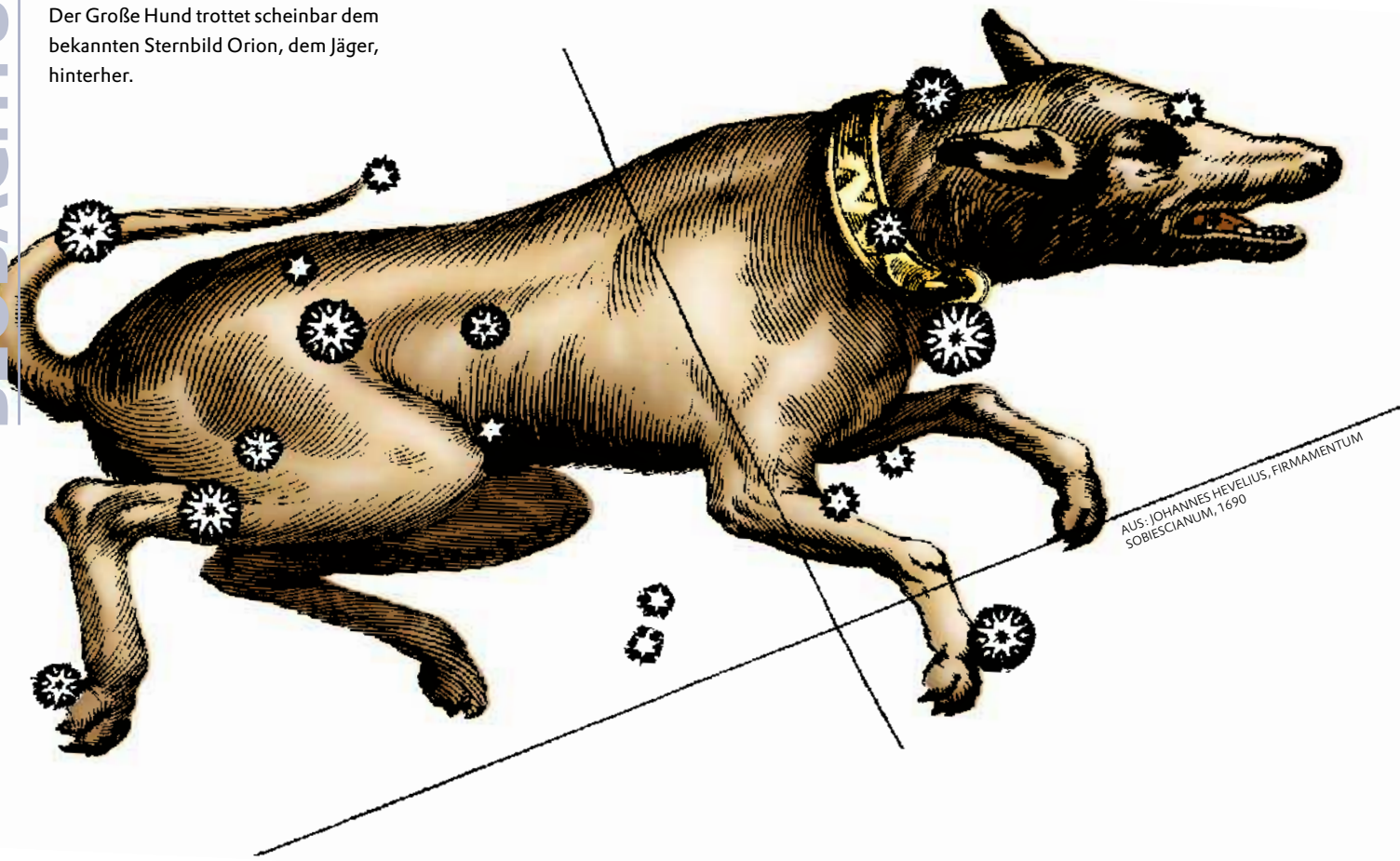
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, die Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Von den Sternbildern des Wintersechsecks stehen im Nordwesten nur noch der Fuhrmann und die Zwillinge über dem Horizont. Auch das Frühjahrsdreieck aus Arktur, Spika und Regulus hat zur angegebenen Zeit den Meridian schon durchkreuzt und leuchtet hoch im Südwesten. Saturn nimmt zwar noch eine prominente Stelle im Löwen ein, doch der aufgehende Jupiter zieht unsere Aufmerksamkeit stärker auf sich.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



Treuer Gefährte am Himmel
Der Große Hund trottet scheinbar dem bekannten Sternbild Orion, dem Jäger, hinterher.

AUS: JOHANNES HEVELIUS, FIRMAMENTUM SOBIESCIANUM, 1690

Orions bester Freund

Am Winterhimmel stiehlt keiner dem Großen Hund die Show – außer vielleicht sein Herrchen. **>> Tony Flanders**

Der Winter ist oft die hellste Jahreszeit, finde ich. Tagsüber scheint die Sonne durch die kahlen Baumkronen und wird von unzähligen Schneekristallen reflektiert. Nachts leuchten die Sterne so intensiv, dass man fast das Gefühl hat, man könne nach ihnen greifen. Das liegt zum einen an der reinen, klaren Luft. Zum anderen aber auch daran, dass mehr als die Hälfte der fünfzig hellsten Sterne den Winterhimmel beleuchten. Zehn davon haben sich in drei dicht nebeneinanderstehenden Sternbildern versammelt: der Jäger Orion und seine beiden treuen Hunde, Canis Maior und Canis Minor.

Von diesen drei ist Orion das bekannteste – aus gutem Grund: Es steht klar und deutlich am Himmel und gilt daher als das Lieblingssternbild vieler Menschen auf der ganzen Welt.

Sirius – ein Star am Himmel

Ganz anders verhält es sich mit dem Kleinen Hund: Gäbe es nicht Prokyon, seinen hellsten Stern, sähe man nur ein formloses Sternbündel – schwach leuchtend bis überhaupt nicht sichtbar. Der Große Hund (»Canis Maior«, CMa) liegt irgendwo zwischen diesen beiden Extremen. Er besteht aus einer kompakten und klar geformten Gruppe heller Sterne, doch nur selten findet er die Beachtung, die er tatsächlich verdient.

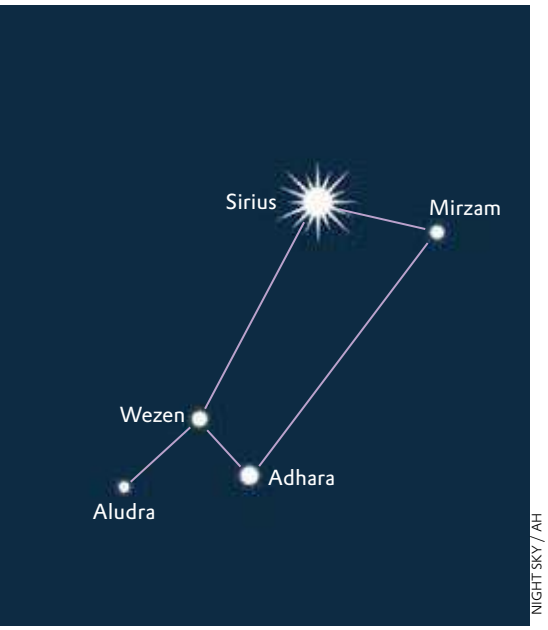
Teilweise liegt dies daran, dass sich dieses Sternbild – knapp südlich des Himmelsäquators befindet – und somit für die Menschen nördlich der Alpen immer sehr tief am Himmel steht. Außerdem steht es im Schatten des leuchtstarken Orion. Doch wahrscheinlich wird

Nur fünf Sterne des Großen Hunds sind oft wegen der Lichtverschmutzung zu sehen, sodass Sie einfach nur ein großes Fleischerbeil erkennen.

das Sternbild vor allem deshalb nicht richtig gewürdigt, weil einer seiner Sterne allen anderen die Show stiehlt: Sirius, der Hundsstern. Neben unserer Sonne ist er einer der hellsten Sterne am Himmel. Er leuchtet so sehr, dass manche Beobachter ihn schon für ein Ufo gehalten und darüber Meldung gemacht haben (siehe AH 9/2004, S. 18). Dieser Eindruck verstärkt sich noch, weil Sirius häufig nahe am Horizont steht. Dort funkelt er stark und leuchtet mal rot, mal grün und auch mal blau, denn die Atmosphäre bricht seine Lichtstrahlen.

Sirius ist ein klassischer Winterstern. Er erreicht seinen höchsten Stand zu Silvester fast genau um Mitternacht. Frühaufsteher können ihn jedoch schon lange vor dem Jahreswechsel erblicken. Bereits im August wird er erstmals kurz vor Sonnenaufgang tief im Osten sichtbar, wenn der Himmel so hellblau ist, dass alle blasseren Sterne verschwinden. Bei Winterbeginn schließlich wird Sirius sozusagen zum Star des Abendhimmels.

Vor fünftausend Jahren – während der Blütezeit der altägyptischen Kultur – war Sirius erstmals direkt vor Sonnenaufgang zu sehen, Ende Juni, drei Monate früher als heute, kurz vor der jährlichen Nilüberschwemmung. (Das liegt an dem langsamen Kippeln der Erdachse, der so genannten Präzession, siehe AH 9/2005, S. 31). Die Ägypter verehrten den Stern als Geist des Flusses und sagten anhand seines Aufgehens den Zeitpunkt des Hochwassers voraus. Angeblich waren sie auch die Ersten, die Sirius mit einem Hund in Verbindung brachten, und dieser Gedanke liegt nahe, wenn man Sirius und Prokyon hinter Orion – dem stattlichen Jäger am Südhorizont – hertrotten sieht.



NIGHT SKY / AH

Der große griechische Dichter Homer verglich den strahlenden Helden Achilles mit dem »Stern, den die Menschen Orions Hund nennen, dessen Strahlen … stärker funkeln als die irgendeines anderen«. Ein bis zwei Generationen später erwähnt Hesiod in seinen Schriften erstmals den heutigen Namen des Sterns: Er nennt ihn »Seirios«, was so viel heißt wie »der Brennende« oder »der Funkelnde«. Zwei Namen, nämlich Seirios und Kyon (»der Hund«), blieben auch während der klassischen Periode Griechenlands in Gebrauch. Die Griechen nannten Orions hellen Begleiter Prokyon (»vor dem Hund«), weil er kurz vor Sirius aufgeht.

Hundstage

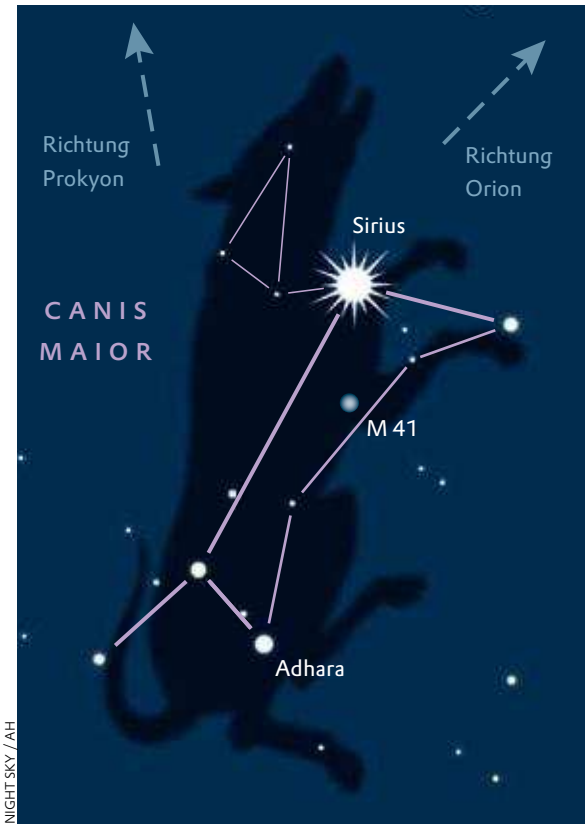
Haben Sie sich jemals gefragt, warum wir die heiße Jahreszeit »Hundstage« nennen? Vor 2000 Jahren prägten die Römer bereits diesen Begriff, als Sirius im Juli vor Sonnenaufgang am Himmel stand. Natürlich wussten es auch die damaligen Gelehrten schon besser, aber viele Laien schrieben die hochsommerliche Hitze der vereinten Strahlung der Sonne und des Hundssterns zu.

Auch wenn Sirius wunderschön ist, sollten Sie sich durch ihn nicht davon abbringen lassen, den Rest des Großen Hundes gebührend zu würdigen. Das Sternbild enthält fünf helle Sterne – mehr als jede andere Konstellation (abgesehen von Orion, dem Skorpion, dem Großen Bären und Kentaur am Südsternhimmel). Diese Sterne erinnern stark an einen Hund mit ausgestreckten Pfoten, der auf seinen Hinterbeinen sitzt.

Leider sind die Sterne am Kopf nicht besonders hell und daher in Städten sehr schlecht zu beobachten. Denn von dort aus betrachtet wird ihr Glanz meistens durch die Lichtverschmutzung in Horizontnähe getrübt. Häufig sind nur die fünf hellsten Sterne des Großen Hunds zu sehen. Dann empfiehlt mein Kollege Alan MacRobert, sie sich als großes Fleischerbeil vorzustellen, wie links dargestellt.

Wenn Sie Glück haben und in einer dunklen Gegend ohne starke Lichtverschmutzung leben, erkennen Sie vielleicht sogar M 41 (NGC 2287), einen der wenigen Sternhaufen, die auch ohne optische Hilfsmittel sichtbar sind (siehe AH 1-2/2006, S. 46). Er liegt ungefähr 2350 Lichtjahre von der Erde entfernt, enthält etwa achttausend Sterne und umfasst eine Region von nahezu 24 Lichtjahren Durchmesser. Halten Sie nach einer blassen Lichtwolke Ausschau, die sich etwa nach dem ersten Drittel auf der Strecke von Sirius zu Adhara befindet. Selbst wenn Sie diese Sternansammlung nicht mit bloßem Auge erkennen können – mit Hilfe eines Fernglases oder eines kleinen Teleskops löst es sich in viele kleine Lichtpunkte auf, die sich um einen hellorange leuchtenden Stern 7. Größe scharen.

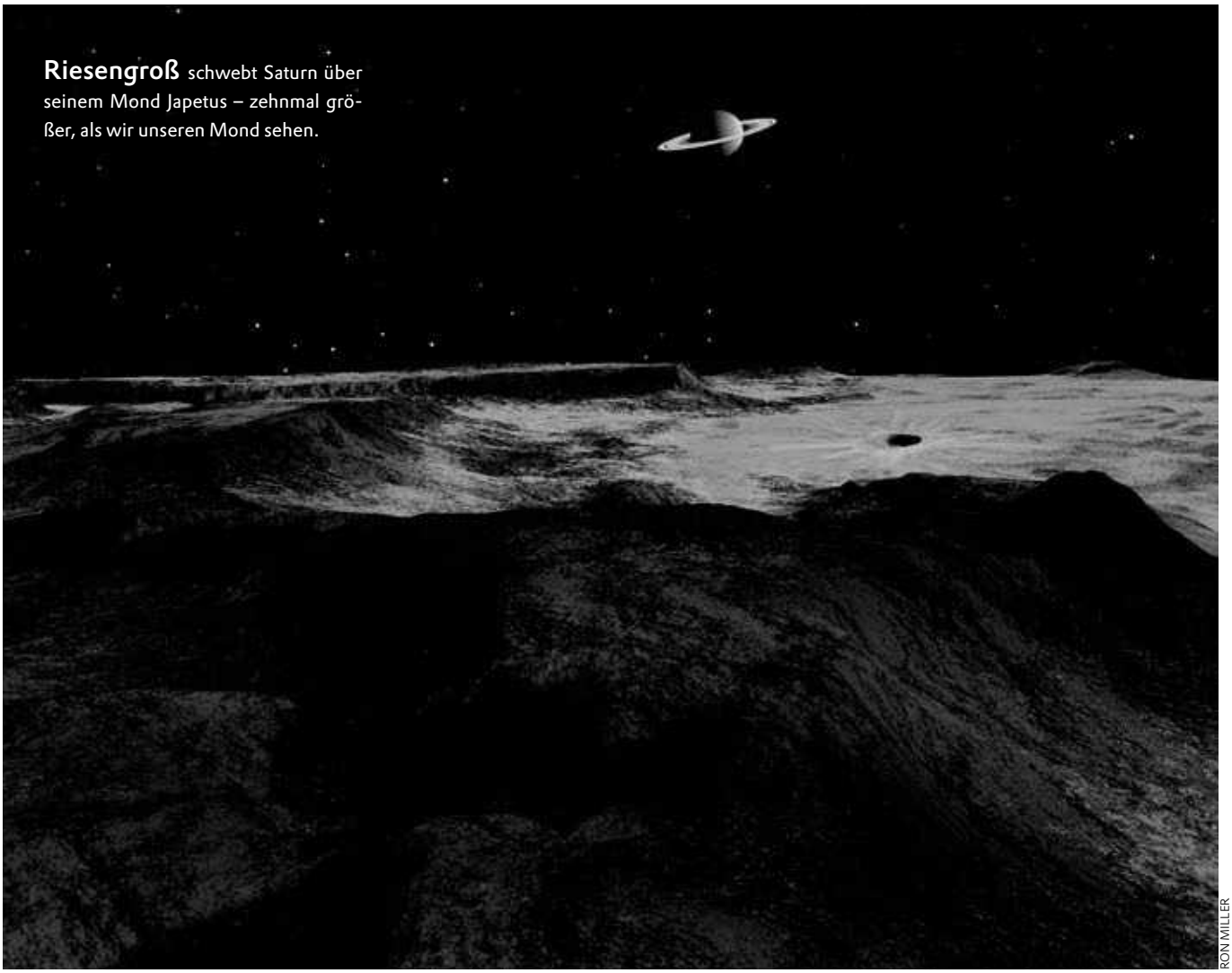
Doch egal wie hell oder dunkel der Himmel auch sein mag: Sie sollten sich den funkelnden Hundsstern Sirius gut einprägen – genauso wie das wunderschöne Sternbild, zu dem er gehört. <<



NIGHT SKY / AH

Vier der fünfzig hellsten Sterne am Himmel zählen zum Großen Hund. Das Sternbild weist den Weg zu vielen anderen hellen Konstellationen.

Nur mit viel Glück konnte **Tony Flanders** in diesem Jahr eines frühen Morgens im August während der Recherchen zu diesem Artikel einen flüchtigen Blick auf Sirius erhaschen.



Riesengroß schwebt Saturn über seinem Mond Japetus – zehnmal größer, als wir unseren Mond sehen.

RON MILLER

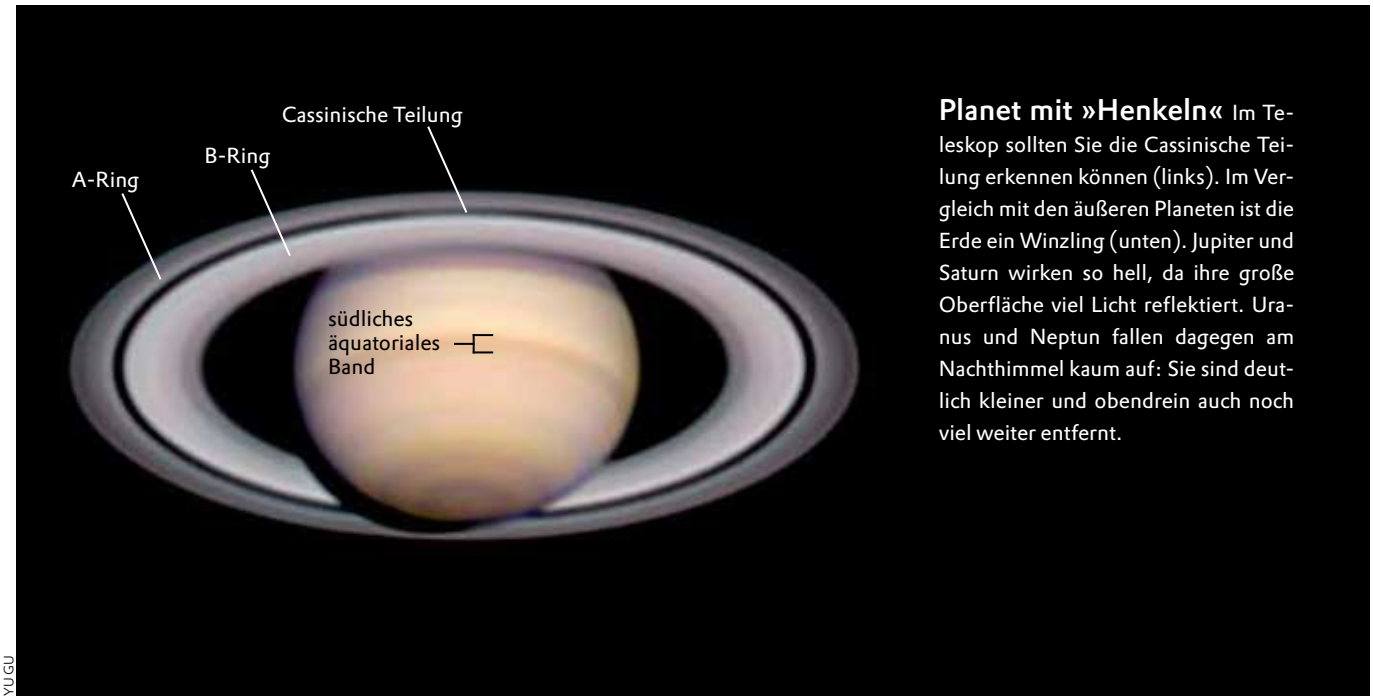
Saturn im Rampenlicht

Raumsonden wie Cassini präsentieren uns den Ringplaneten erstaunlich detailreich – doch ist es nicht viel reizvoller, ihn im eigenen Teleskop zu beobachten? **>> Andrew Chaikin**

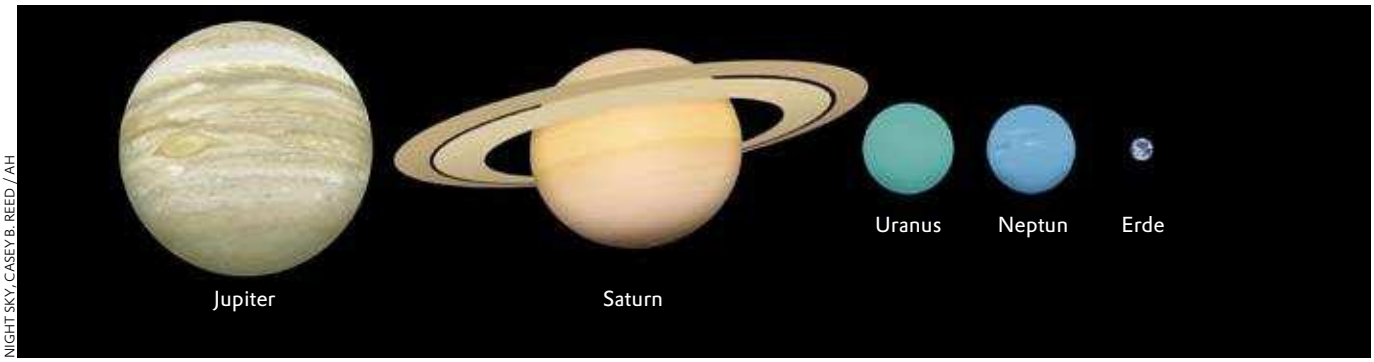
Der Nachthimmel ist für mich wie eine endlose Bühne, auf der jeden Abend ein neues Schauspiel stattfindet. Wenn ich für eine Vorstellung Platz nehme – sei es in meinem Garten oder an einem anderen Ort mit freiem Blick nach oben –, halte ich Ausschau nach meinen auf- und abtretenden Lieblingsdarstellern, den Planeten. Seit einigen Monaten gibt der eindrucksvolle Ringplanet Saturn seine Vorstellung. Im Lauf des Winters stieg er langsam ins Blickfeld der Astronomen, um sich jetzt im Frühjahr während den abendlichen Sternstunden in aller Pracht zu zeigen.

Anfang April strahlt Saturn bei Einbruch der Nacht als heller Lichtpunkt 0,2ter Größe hoch am Himmel. Halten Sie in den frühen Abendstunden einfach Ausschau nach dem hellsten »Stern« im Süden: Das ist er. Er hat jetzt für dieses Jahr fast den größten Abstand zu Regulus (Alpha Leonis, α Leo) erreicht, dem 1,4te Größe hellen Hauptstern des Löwen (»Leo«). Die Himmelskarten auf den Seiten 46 und 52 helfen beim Suchen.

Wenn Sie zu ihm aufschauen, mag es schwer zu fassen sein, dass Sie eine zurzeit fast 1300 Milliarden Kilometer entfernte Welt betrachten. Allein wegen seiner enormen Größe erscheint er uns am Nachthimmel so hell. Mit einem Durchmesser von rund 120 000 Kilometern ist Saturn der zweitgrößte Planet im Sonnensystem – neunmal größer als die Erde. Sein berühmtes Ringsystem ist sogar noch beachtlicher: Es besteht aus einer flachen, leuchtenden Scheibe mit einem Durchmesser von etwa 270 000



YU GU



NIGHT SKY, CASEY B. REED / AH

Planet mit »Henkeln« Im Teleskop sollten Sie die Cassinische Teilung erkennen können (links). Im Vergleich mit den äußeren Planeten ist die Erde ein Winzling (unten). Jupiter und Saturn wirken so hell, da ihre große Oberfläche viel Licht reflektiert. Uranus und Neptun fallen dagegen am Nachthimmel kaum auf: Sie sind deutlich kleiner und obendrein auch noch viel weiter entfernt.

Kilometern. Das entspricht 21 aneinandergereihten Erdkugeln. Damit passen die Ringe bequem zwischen Erde und Mond – rund 385 000 Kilometer trennen uns von unserem Trabanten.

Saturn erscheint nur wegen seiner Ringe so majestätisch; ohne sie wäre er nur eine langweilige, weitestgehend strukturlose Kugel. Wie Jupiter ist er ein Gasriese, der hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium besteht. Die Wolkenbänder in seiner Atmosphäre sind allerdings viel kontrastschwächer als die von Jupiter und im Teleskop kaum zu erahnen.

Trotz ihrer bemerkenswerten Größe sind die Ringe des Saturns zu klein, um im Fernglas aufzufallen. Dafür bieten sie in fast jedem Teleskop einen beeindruckenden Anblick. Der Planet wirkt am besten, wenn Sie das Okular mit der größtmöglichen Verstärkung nutzen, bei der er noch scharf abgebildet wird.

Nehmen Sie sich einige Zeit, um die Ringe zu beobachten. Auch wenn sie aus der Ferne massiv erscheinen, bestehen sie in Wirklichkeit aus zahllosen Eis- und Gesteinspartikeln, deren Größe von mikroskopischen Körnchen bis hin zu haushohen Brocken reicht. Dabei bilden sie keine zusammenhängende Scheibe, denn sie sind durch eine dunkle Lücke unterbrochen – vergleichbar mit dem Bereich zwischen zwei Musikstücken auf einer Schallplatte. Diese Aufspaltung heißt Cassinische Teilung und ist mehr als etwa 4800 Kilometer groß. Sie trennt den äußeren, grau melierten A-Ring vom breiteren und helleren B-Ring.

Zwischen den Ringen

Daneben existieren viele weitere Unterteilungen in den Ringen (AH 1-2/2005, S. 26). Allerdings ist es praktisch unmöglich, diese mit einem kleinen Teleskop zu beobachten. Den Gesetzen der Optik zufolge sollte in einem Fernrohr mit weniger als zehn Zoll (25 Zentimeter) Öffnung nicht einmal die Cassinische Teilung sichtbar sein. Dennoch lässt sich das schwarze Band auch mit einem Teleskop von drei Zoll (7,5 Zentimeter) ausfindig machen, vorausgesetzt die Luft ist ruhig. Mit einem Vier-Zoll-Teleskop (zehn Zentimeter) sollten Sie es relativ leicht erkennen können. Warum? Unsere Augen können kontrastreiche Objekte und insbesondere durchgehende Konturen wie die Cassinische Teilung wahrnehmen, selbst wenn diese theoretisch jenseits unseres Sehvermögens liegen.

Von der Erde aus gesehen ändert sich der Anblick der Ringe von Jahr zu Jahr, während Saturn seinem Orbit folgt. Ursache hierfür ist die Neigung seines Äquators und Ringsystems gegenüber der Bahnebene um etwa 27 Grad. Das können Sie leicht mit einer CD oder LP nachstellen, die an einem Bindfaden befestigt schief im Raum hängt. Wenn Sie um sie herumgehen, scheint sich ihre Form zu ändern – von einem breiten Oval zu einer geraden Linie und an- >

> schließend wieder zurück. Dasselbe geschieht beim Beobachten des Planeten im Verlauf seines 29,5 Erdjahre dauernden Umlaufs um die Sonne. 2003 zeigten seine Ringe ihre größte Öffnung, als die südliche Hemisphäre des Planeten in unsere Richtung gekippt war. Im letzten Winter verbargen die Ringe noch die nördliche Polarregion des Saturns. Stetig verengt sich ihre ovale Form und erlaubt schon in diesem Jahr einen Blick auf den nördlichen Polarkreis. In den kommenden Jahren wird die Öffnung der Ringe immer schmaler, bis das ganze System im Jahr 2009 schließlich von der Seite zu sehen sein wird und dabei für einen kurzen Moment verschwindet. Dann setzt sich der Zyklus fort, und die Ringe weiten sich erneut: Das Schauspiel beginnt von vorne.

Für Wissenschaftler sind die Ringe nicht nur faszinierend, sondern auch geheimnisvoll. Selbst heute, nach jahrzehntelanger Erforschung mittels Raumsonden und erdgebundener Teleskope, sind noch viele Fragen unbeantwortet, obwohl wir im Lauf der Jahre und nicht zuletzt dank der Raumsonde Cassini stetig dazulernen. Seit ihrer Ankunft bei Saturn im Juli 2004 sendet sie Unmengen von neuen Daten. Zu dieser Zeit hatte sie eine besonders gute Sicht auf die Ringe, die sie in einem Abstand von etwa 20 000 Kilometern überflog. Zu den interessantesten Ergebnissen zählt die Entdeckung, dass die Teilchen in den innersten Regionen der Ringe dreckiger sind als diejenigen der äußeren Gebiete. Letztere enthalten im Vergleich deutlich mehr Eis.

Vergängliche Ringe

Irgendwann einmal könnte Cassini vielleicht das größte Rätsel der Ringe lösen: Wann und wie entstanden sie? Die meisten Wissenschaftler glauben, dass sich die Ringe bildeten, als ein kleiner, eisiger Himmelskörper – vielleicht ein umherirrender Komet – zu nah an dem riesigen Planeten vorbeizog und durch dessen enorme Anziehungskraft auseinandergerissen wurde. Bislang ist allerdings unklar, ob dieses zerstörerische Ereignis vor mehreren Milliarden Jahren, also kurz nach der Entstehung des Saturns, oder erst kürzlich stattfand – vor einigen hundert Millionen Jahren, als die Dinosaurier noch die Erde beherrschten. Eines wissen die Forscher aber bestimmt: Die Ringe werden nicht ewig existieren. Die >

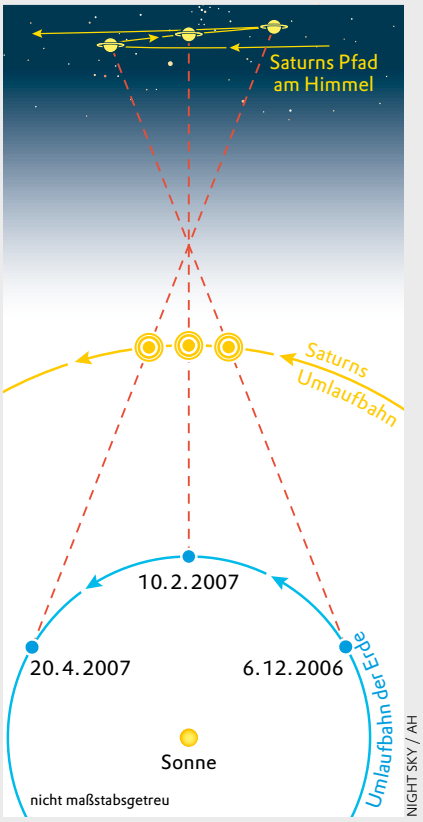
Planetenschleifen

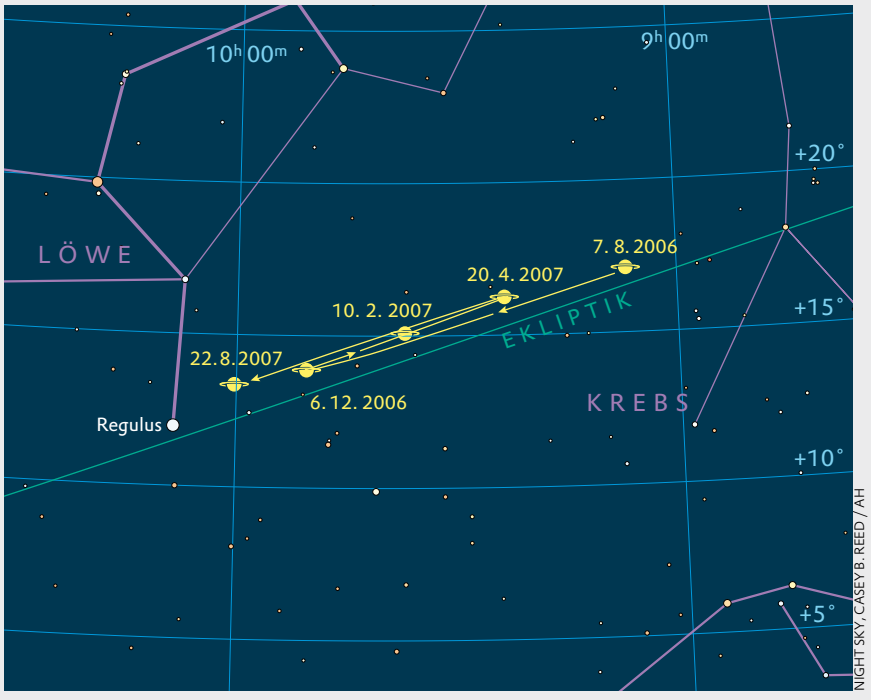
Einer festen Bahn folgend umrunden die Planeten unsere Sonne, wobei sich ihre Position relativ zu den Sternen laufend ändert. Von der Erde betrachtet verläuft die Route am Nachthimmel für Saturn und die übrigen äußeren Planeten gewöhnlich von West nach Ost – aber das ist nicht immer so.

Manchmal scheinen die Planeten auf ihrem Weg innezuhalten und für einige Monate umzukehren, bevor sie erneut ihre alte Richtung aufnehmen und die Reise fortsetzen. Dieses als retrograde Bewegung bekannte Phänomen tritt auf, da die Erde die Sonne schneller umkreist als ihre entlegenen Kollegen. Wenn wir Saturn in seiner jetzigen Stellung »überholen«, scheint sich der Planet gegenüber den weit entfernten Hintergrundsternen rückwärts zu bewegen. Am 20. April, wenn unser Heimatplanet einen bestimmten Punkt im Orbit überschreitet, wird Saturn seinen Kurs gen Osten wieder aufnehmen.

Für die Astronomen der Antike, die unsere Erde für den Mittelpunkt des Sonnensystems hielten, war das merkwürdige Verhalten der äußeren Planeten unerklärlich. Im 2. Jahrhundert n. Chr. stellte sich der griechische Astronom und Geograf Claudius Ptolemäus vor, dass sich die Himmelskörper auf kleinen Kreisen bewegen (die er Epizykel nannte), die wiederum auf größeren Kreisen die Erde umrunden. Erst als die Wissenschaft erkannte, dass die Erde sich um die Sonne dreht und nicht umgekehrt, kam die wahre Ursache ans Licht.

>> J. Kelly Beatty





Seien Sie schneller am Kiosk als die Zeit vergeht .

TELEPOLIS special KOSMOLOGIE „Jenseits von Zeit und Raum“

Jetzt an Ihrem irdischen Kiosk
oder unter www.heise.de/telepolis

SPECIAL TELEPOLIS
Kosmologie

> Teilchen, aus denen sie bestehen, bewegen sich spiralförmig auf den Planeten zu. Theoretiker schätzen, dass das System in einigen hundert Millionen Jahren komplett verschwunden ist.

Also dürfen wir uns heute glücklich schätzen, die Ringe in ihrer vollen Schönheit beobachten zu können.

Haben Sie Ihr Teleskop schon auf Saturn gerichtet, sollten Sie auch seinen größten Mond Titan aufsuchen. Er ist etwas größer als Merkur und so hell, dass Sie ihn in einem Teleskop oder sogar mit einem größeren Feldstecher am Nachthimmel ausmachen können. Gegenwärtig erscheinen keine Sterne in Saturns Nachbarschaft ähnlich hell.

Geheimnisvolle Monde

Titan umkreist den Planeten innerhalb von 16 Tagen, sodass er sich bei seiner Wanderung Nacht für Nacht beobachten lässt. Um die eisigen Monde Dione, Rhea und Tethys aufzuspüren, die allesamt dunkler sind und näher bei Saturn stehen als Titan, brauchen Sie entweder ein Computerprogramm, eine Webseite wie Skytonight.com/satmoons oder ein Sichtbarkeitsdiagramm, wie es zum Beispiel in unserem Jahrbuch »Der Himmel 2007« abgedruckt ist.

Saturn gönnt sich außerdem ein geruhsames Tänzchen mit Regulus. Der hellste Stern des Löwen ist 77,5 Lichtjahre oder 730 Billionen Kilometer von der Sonne entfernt – gut 490 000-mal weiter als Saturn. Seinen heutigen Namen verdankt er Nikolaus Kopernikus, schon vorher wurde er jedoch mit der Königswürde in Verbindung gebracht: Tycho Brahe nannte ihn Basiliscus, womit er wohl auf den lateinischen Ausdruck »Basilica Stella« (königlicher Stern) Bezug nahm. In römischer Zeit finden sich die Bezeichnungen Regia oder Cor Leonis (Herz des Löwen), und im Zweistromland erhielt er seinen Namen nach Amil-gal-ur, dem »Herrscher vor der großen Flut«.

Historische Bedeutung erhielt Regulus, als der Astronom Hipparch im Jahr 130 vor unserer Zeitrechnung seine Position und die von Spika in der Jungfrau (Alpha Virginis, α Vir) mit zweitausend Jahre alten Aufzeichnungen aus Babylon verglich. Dadurch entdeckte er die Präzession der Erdachse, eine langsame Taumelbewegung, wodurch auch der Himmelspol einen Kreis beschreibt.

Das Ringsystem auf Foto gebannt

Wenn Sie sich noch länger an den Anblick von Saturn in Ihrem Teleskop erinnern möchten, sollten Sie ihn auf einem Foto verewigen. Moderne Digitalkameras können dabei erstaunlich gute Ergebnisse erzielen. Am besten fixieren Sie die Kamera mit einem Adapter direkt am Okularauszug (Foto). Alternativ kann sie auch auf einem Stativ montiert und vor das Okular gebracht werden. Es ist allerdings sehr schwierig, die einzelnen Komponenten korrekt auszurichten – insbesondere, wenn Sie höher vergrößern wollen.

Stellen Sie den Fokus der Kamera auf unendlich und benutzen Sie danach den Fokussierknopf des Teleskops, um das Bild so scharf wie möglich zu stellen. Wenn Sie eine hohe Empfindlichkeit wählen – Iso 400 oder mehr – haben Sie bessere Chancen, den relativ dunklen Saturn abzulichten. Trotzdem werden Sie eine lange Belichtungszeit von einer viertel bis zu zwei Sekunden benötigen. Das bedeutet aber auch, dass feine Details mit größerer Wahrscheinlichkeit durch atmosphärische Turbulenzen unscharf werden.

Dem können Sie entgegenwirken, indem Sie Ihr Teleskop nachführen oder eine hochempfindliche Webcam einsetzen (ab etwa 100,– Euro zu haben, AH 11-12/2003, S. 76). Diese befestigen Sie am Teleskop (eventuell über einen Adapter für etwa 30,– Euro) und schließen sie an den USB-Port eines Laptops an. Die Bilder werden auf dem Computer als kurze Videoclips gespeichert (15 Sekunden können mehr als 200 Aufnahmen enthalten). Auch ein Camcorder liefert überraschend gute Ergebnisse (AH 9/2006, S. 61).

Um die besten Aufnahmen zu einem scharfen Bild zusammenzufügen, gibt es geeignete Software im Internet (für PCs zum Beispiel Giotto unter www.videoastronomy.org oder Registax unter www.astronomie.be/registax, Apple-Macintosh-Nutzer werden unter www.unm.edu/~keithw/software.html fündig). Danach können Sie Helligkeit, Kontrast, Farbe und Schärfe der Aufnahme einstellen. Dafür benötigen Sie zwar etwas Übung und viele Versuche, aber die Resultate können sich sehen lassen. Tipps dazu finden Sie auch immer wieder in unserer Rubrik Hochglanz, zum Beispiel in AH 3/2007, S. 74.

Für welche Methode Sie sich auch entscheiden, die Qualität Ihrer Bilder hängt stark von einer klaren und ruhigen Atmosphäre ab – kein Computereinsatz kann schlechte Rohbilder ausgleichen. Warten Sie mit dem Fotografieren, bis Ihr Ziel hoch über dem Horizont steht, und machen Sie im Lauf mehrerer Stunden oder sogar Nächte immer wieder neue Aufnahmen. So erwischen Sie am ehesten jene Momente, in denen die Atmosphäre sehr ruhig ist.

Lassen Sie sich nicht entmutigen, wenn die ersten Bilder unscharf werden. Die Planetenfotografie erfordert wie so vieles in der Astronomie große Geduld. <<

Zu Beginn des Jahres stand der Ringplanet nur rund fünf Grad neben dem hellen Regulus, mittlerweile liegen über elf Grad zwischen den beiden. Noch bis zum 20. April vergrößert sich der Abstand langsam, bevor Saturn wieder auf den hellen Stern des Löwen zuwandert. Dieses scheinbare Hin- und Herbewegen resultiert aus den relativen Positionen von Erde und Saturn auf ihren jeweiligen Bahnen, wie im Kasten auf S. 52 beschrieben.

Anfang September stehen sich Saturn und Regulus am nächsten, allerdings sind die beiden dann erst in der Morgendämmerung zu sehen. Sie sollten also den Auftritt des Ringplaneten in diesem Jahr auf keinen Fall verpassen. Seine Vorstellung ist meiner Meinung nach wirklich einen Blick wert. <<

Andrew Chaikin erinnert sich noch an die Jahre 1995 und 1996, als die Saturnringe gleich dreimal verschwanden.

FELDSTECHERTIPP

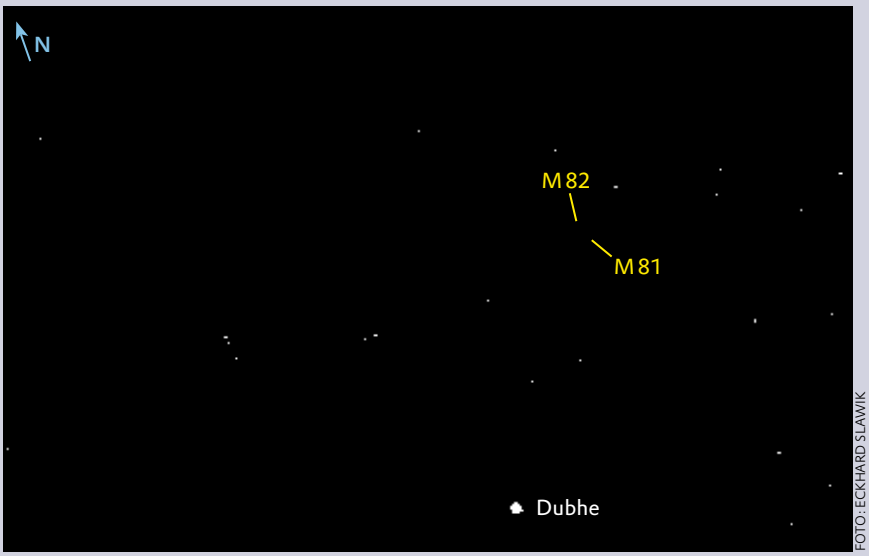
Ein unzertrennliches Duo: M 81 und M 82

Frühjahrszeit ist Galaxienzeit! Mit den ersten Blüten erscheinen jetzt die zart leuchtenden Gebilde vermehrt am Himmel, Heimat unzähliger Sonnensysteme wie auch des unseren: die Galaxien, gewaltige Sternsysteme aus bis zu hundert Milliarden Sonnen. Unsere Milchstraße zeigt sich in dieser Jahreszeit gerade so, dass besonders der Blick zum Rand ihrer Scheibe und damit der Blick in den intergalaktischen Raum frei wird. Laut Schätzungen können wir von der Erde aus theoretisch die ungeheure Anzahl von etwa fünfzig Milliarden Galaxien beobachten.

Zwei besonders schöne Sterninseln lassen sich jetzt hervorragend erkunden und sind als Paar ein Klassiker – M 81 und M 82. In etwa 13 Millionen Lichtjahren Entfernung hatten die beiden eine Begegnung der galaktischen Art. Vor wenigen Millionen Jahren sind sich die Sternsysteme so nahe gekommen, dass dies für M 82 nachhaltige Folgen hatte: In ihrem Kerngebiet zeigen sich auf Fotografien gewaltige Sternentstehungsgebiete und explosive Prozesse, die Gas- und Staubmassen in den intergalaktischen Raum schleudern und M 82 förmlich aufblühen lassen (AH Dezember 2006, S. 26 oben). Ihre Nachbargalaxie ist davon scheinbar unberührt geblieben.

M 81 ist mit 6,8ter Größe eine Galaxie, die bereits mit dem Feldstecher leicht zu beobachten ist und auch schon in kleineren Instrumenten ihre ovale Form preisgibt. Voraussetzung ist jedoch, wie bei allen diffus erscheinenden Objekten, ein dunkler Standort. M 82 leuchtet zwar gut eine Größenklasse schwächer, die schmale, zigarrenartige Form ist trotzdem im Feldstecher erkennbar. Besonders scharfäugige Sterngucker sollen M 82 allein mit dem bloßen Auge gesehen haben. Dies macht sie zum am weitesten entfernten Objekt, das ohne Hilfsmittel beobachtet werden kann.

Egal ob dies Ihre allererste Begegnung ist oder ob Sie ihm schon oft einen Besuch abgestattet haben – das Galaxienpaar wird einen nachhaltigen Eindruck hinterlassen. **>> Lambert Spix**



Startpunkt für die Suche ist der Stern Dubhe am rechten oberen Eck des Großen Wagens.

FOTO: ECKHARD SLAWIK

Schau, ein Krebs!

Im März erlaubt uns eine unscheinbare Konstellation erste Blicke auf einen der schönsten und auf einen der ältesten offenen Sternhaufen.

>> Sue French

Seit diesem Jahr ziert das Tierkreissternbild auch die Rückseite der slowenischen Fünfzig-Cent-Münzen.

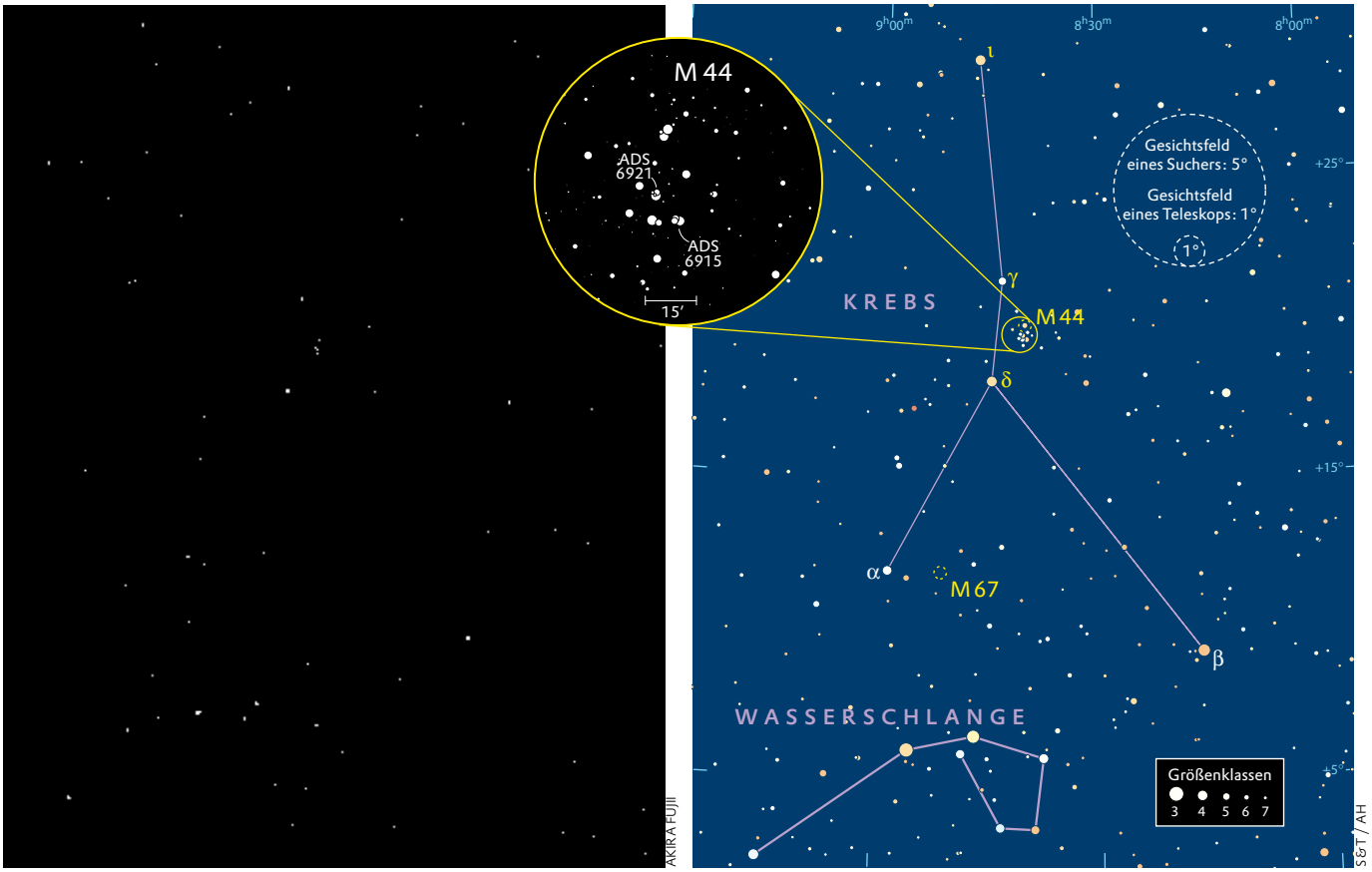
Umrahmt von den hellen Sternbildern Löwe (»Leo«) und Zwillinge (»Gemini«) finden Sie das umgedrehte »Y« des Tierkreissternbilds Krebs (»Cancer«, Cnc). Der griechischen Sage nach schickte die Göttin Hera dieses Krustentier einst aus, um den Held Herakles (»Hercules«) anzugreifen, als dieser mit der mehrköpfigen Schlange Hydra kämpfte. Herkules ließ sich von dem kleinen Kämpfer nicht weiter stören und zertrat ihn kurzerhand. Zum Dank für seinen todesmutigen Einsatz bekam der Krebs einen Platz am Himmel.

Zwischen den unauffälligen Sternen des Krebses finden Sie zwei bemerkenswerte offene Sternhaufen. Einen davon, M 44, können Sie auch ohne Teleskop leicht beobachten.

Obwohl keiner seiner Sterne heller als 4. Größe leuchtet, bietet der Krebs einige interessante Ziele. Jede der Sonnen in dem großen Y hat einen Begleiter. Der schönste Doppelstern ist Iota Cancri (ι Cnc) im Norden der Figur. Durch meinen 105-Millimeter-Refraktor bei 17-facher Vergrößerung sehe ich den 4. Größe hellen Hauptstern gelb, während sein 6,6te Größe heller Nachbar dreißig Bogensekunden weiter nordwestlich blau erscheint.

Weiter im Süden kommen wir zu Asellus Borealis (Gamma Cancri, γ Cnc) und Asellus Australis (Delta Cancri, δ Cnc), dem »nördlichen« und »südlichen Esel«. Die Götter Hephaistos und Dionysos ritten auf diesen Tieren in die Schlacht gegen die Titanen. Als ihre Gegner das Brüllen der Esel hörten, packte sie die Furcht und sie flohen. Die Esel dürfen seitdem an einer himmlischen Krippe fressen.

Diese Krippe (auf lateinisch Praesepe) befindet sich rechts der Linie zwischen γ und δ Cancri. Es ist der Sternhaufen M 44, ein kaum sichtbarer, verschwommener Fleck, der etwa ein Drittel der Strecke zwischen den zwei Sternen ausfüllt.



Wenn der Himmel dunstig ist, können Sie die Krippe nicht erkennen. Unter besseren Bedingungen gelang es einigen Sternfreunden jedoch schon völlig ohne Sehhilfen einzelne Sterne in ihr zu identifizieren.

Der Entdecker Thomas James zeichnete im Januar 1632 seine Beobachtungen auf. Er überwinterte damals auf Charlton Island im Süden der kanadischen Hudson Bay, während er nach der Nordwestpassage suchte. Er schrieb in sein Tagebuch: »Am 30. und 31. erschienen zu Beginn der Nacht zwei Drittel mehr Sterne am Firmament, als ich je zuvor gesehen habe. Die Wolke im Krebs war voller kleiner Sterne und die Milchstraße bestand aus nichts als Sternen.«

Eine Wolke aus Sternen

Selbst unter absolut perfekten Bedingungen werden wir heute die Krippe oder die Milchstraße wohl nie so prächtig sehen wie James. Aber auch heutige Beobachter konnten dort schon in großen Höhenlagen weit weg von jeglicher Lichtverschmutzung das Schimmern einzelner Sterne erkennen.

Meistens brauchen Sie ein wenig Hilfe, um M 44 aufzulösen. Bereits ein kleiner Sucher zeigt zwanzig Sterne. Mit einem Siebzig-Millimeter-Teleskop bei 14-facher Vergrößerung können Sie etwa zwanzig helle und dreißig schwächere Sonnen in einer unbestimmten Anordnung mit einem Durchmesser von etwa eineinhalb Grad erkennen. In einer durchschnittlich dunklen Nacht zähle ich in Großstadtnähe mit meinem 105-Millimeter-Refraktor bei 47-facher Vergrößerung achtzig Sterne, in Nächten mit sehr klarer Sicht sogar schon bis zu 150.

In M 44 können Sie viele unterschiedliche Dreiecke und Bündel finden, mit einer v-förmigen Sterngruppe, die an die Hyaden erinnert, direkt südlich der Mitte. Ihre Spitze markiert der Mehrfachstern ADS 6915, der bereits bei geringer Vergrößerung sichtbar ist. In dem V finden Sie auch problemlos eine Reihe von Sternen mit 6,7ter, 6,9ter und 7,2ter Größe. Ihr Farbspektrum reicht von gelborange bis gelbweiß. Der Vierfachstern ADS 6921 liegt im nördlichen Arm des Vs. Sie können alle seine vier Komponenten bei 47-facher Vergrößerung sehen. Sie haben 6,4te, 7,7te, 9,4te und 9,8te Größe. Die zwei helleren Sonnen scheinen orange und weiß, während die Farben der dunkleren schwer wahrzunehmen sind. Der orangefarbene Stern bildet ein beinahe gleichseitiges Dreieck mit zwei weiteren Sonnen gleicher Färbung und Helligkeit. Sie liegen 21 Bogenminuten weiter nördlich beziehungsweise 24 ostnordöstlich. Mit einem größeren Fernrohr können Sie zwar die Farben der schwächeren Sterne erkennen, dafür sehen Sie damit meist nur einen Teil des Haufens.

Der Krebs wartet mit einem zweiten Messierhaufen auf, der wegen seines helleren Nachbarn gerne übersehen wird. M 67 gehört mit einem Alter von etwa vier Milliarden Jahren zu den ältesten Vertretern seiner Art. Da der Zusammenhalt in offenen Sternhaufen auf Grund ihrer geringen gegenseitigen Anziehungskraft nicht sonderlich groß ist, zerstreuen sich die meisten noch, wenn sie wesentlich jünger sind. Allerdings liegt M 67 ungewöhnlich hoch oberhalb der galaktischen Ebene. Dadurch ist er vor vielen zerstörerischen Einflüssen geschützt, die andere offene Sternhaufen zerreißen.

Sie können M 67 mit einem Sucher oder mit bloßem Auge gerade noch erkennen, wenn der Himmel wirklich dunkel ist. Suchen Sie ihn 1,7 Grad westlich von Alpha Cancri (α Cnc). Mit einem Sechzig-Millimeter-Fernrohr sehen Sie nur ein leichtes Glitzern von schwachen Sternen vor einem nebligen Dunst. Mit meinem 105-Millimeter-Refraktor sehe ich bei 67-facher Vergrößerung eine reiche Gruppe von fünfzig schwachen bis sehr schwachen Sternen innerhalb von 25 Bogenminuten. Ein gelborangefarbener Stern 7,8ter Größe befindet sich im Nordosten, während der Rest im Bereich zwischen 9. und 12. Größe liegt.

M 67 hat eine unregelmäßige Form, die die Fantasie vieler Beobachter unglaublich stark anregte. Der englische Admiral William Smyth beschrieb es als eine »Ansammlung etwa in Form einer phrygischen Mütze, gefolgt von einem Halbmond aus Nachzüglern«. Stephen James O'Meara verglich den Haufen entweder mit einer Königskobra oder mit einem Insektenschwarm, der sich um das goldene Licht des hellsten Sterns sammelt. Lassen Sie Ihrer Vorstellungskraft ebenfalls einmal freien Lauf! <<

Sehenswürdigkeiten im Krebs

Objekt	Typ	Helligkeit (Größe)	Entf. (Lj.)	Rekt. (2000.0)	Dekl.
Iota (ι)	Doppelstern	4,0 / 6,6	300	$8^h46{,}6^m$	+28° 45′
Gamma (γ)	Doppelstern	4,7 / 8,7	160	$8^h43{,}3^m$	+21° 28′
Delta (δ)	Doppelstern	3,8 / 11,9	136	$8^h44{,}7^m$	+18° 09′
M 44	offener Sternhaufen	3,1	520	$8^h40{,}0^m$	19° 58′
ADS 6915	Dreifachstern	6,6 / 7,3 / 7,5	520	$8^h39{,}9^m$	+19° 33′
ADS 6921	Vierfachstern	6,4 / 7,7 / 9,4 / 9,8	520	$8^h40{,}4^m$	+19° 40′
M 67	offener Sternhaufen	6,9	2600	$8^h50{,}5^m$	+11° 49′

UNTEN: PRESTON S. JUIT, OBEN: AKIRA FUJII

Über 200 Sterne bilden M 44, der auch die Namen Krippe und Praesepe trägt (oben). M 67, einer der ältesten offenen Sternhaufen (darunter), ist fünfmal weiter weg als M 44.

Sue French erhält himmlische Einblicke aus dem Hinterland von New York.

Die größten Sternwarten der Nordhalbkugel liegen auf Vulkaninseln im Atlantik und im Pazifik. Die beiden Leserreisen von ASTRONOMIE HEUTE bieten Ihnen neben traumhaften Beobachtungsbedingungen auch faszinierende Landschaften. Egal, ob Sie in die Ferne fliegen oder in der Nähe bleiben wollen: Beide Ziele haben viel zu bieten.

DIE OBSERVATORIEN AUF DEN KANAREN UND AUF HAWAII

Astronomische Inselurlaube

BURKHARD LISCHKE

MANFRED SPAETHE

EDWIN EBERT

Sonnenanbeter werden auf Teneriffa zweimal fündig: unter Palmen (links) und am Observatorium in Izaña (unten). Auf La Palma lockt das größte Teleskop der Welt (oben).

La Palma und Teneriffa – Sonne, Strand und Sterne

Haben Sie Lust auf einen Astrourlaub für Genießer? Wie wäre es mit sechs Tagen im wettergünstigen Südwesten von La Palma und acht Tagen auf Teneriffa, davon fünf im Hotel Parador in den Bergen um den Pico del Teide? Dort erwarten Sie sehr komfortable Hotelanlagen unter dunklem Himmel.

Auf La Palma führt uns das Besichtigungsprogramm zu Europas größter Sternwarte auf dem 2426 Meter hohen Roque de los Muchachos. Hier steht das Gran Telescopio Canarias – mit 10,4 Meter Öffnung es das größte Teleskop der Welt.

Die Exkursionen beinhalten eine große Inselrundfahrt und eine Wanderung auf den Feuerbergen des Südens – der letzte Vulkanausbruch fand 1971 statt! Außerdem lernen Sie die Caldera de Taburiente, Santa Cruz und den grünen Nordosten kennen.

Die Nachbarinsel Teneriffa lockt mit der Besichtigung des Sonnenobservatoriums und dem deutschen Vakuum-Turm-Teleskop. Voraussichtlich besuchen wir auch Gregor, das noch im Bau befindliche größte Sonnenteleskop der Welt.

Die größte Kanarische Insel bietet aber nicht nur astronomische Sehenswürdigkeiten, sondern mit Iqod de los Vinos und Puerto de la Cruz im Norden sowie dem Tierpark Loro Parque weitere Attraktionen. Außerdem sind eine Bootsfahrt zu den Walen, Wanderungen in den Bergen und die Besteigung des Vulkans Teide geplant.

Für Laien wie Fortgeschrittene sind viele astronomische Beobachtungen mit der gut ausgerüsteten Sternwarte von Joachim Biefang vorgesehen: Nachtbeobachtungen mit verschiedenen Teleskopen, Himmelsführungen und die Beobachtung von Sonnenprotuberanzen.

Hawaii – Sterne, Strand und heiße Lava

Big Island, die Hauptinsel Hawaiis, ist für das zauberhafte Flair der dortigen Kultur bekannt. Ein Minikontinent mit vielen Gesichtern offenbart sich dem Besucher: die Sonnenseite im Westen, das tropische Paradies auf der Ostseite, die Bergwelt und der Vulkanismus. Einzigartig sind die seit 35 Jahren ununterbrochen fließenden Lavaströme.

Vor mindestens 4000 Jahren brach auf Hawaii der Vulkan Mauna Kea zuletzt aus; heute stehen auf seinem Gipfel einige der modernsten Teleskope der Welt (links). Das 8,1 Meter große Gemini-Nord-Teleskop (unten) wurde 1999 in Betrieb genommen. Einige der Lavaströme fließen bereits seit 35 Jahren über die Insel (links unten). An ihrem Rand zu stehen ist ein einmaliges Erlebnis.

FOTOS DIESER SEITE: JOACHIM BIEFANG

Das astronomische Highlight dieser Reise ist der Mauna Kea mit der größten Sternwarte der nördlichen Hemisphäre. Sie beherbergt auf 4200 Meter Höhe einige der modernsten Teleskope der Welt, unter anderem die berühmten Zehn-Meter-Keck-Teleskope, das 8,1-Meter-Gemini-Nord- und das 8,3-Meter-Subaru-Teleskop.

Unser erfahrener Reiseleiter Biefang führt Sie mit Teleskopbeobachtungen in die Besonderheiten des Sternhimmels tropischer Breiten ein. Tagsüber besteht die Möglichkeit zur Beobachtung von Sonnenprotuberanzen.

Zudem ergänzen viele Inseltouren dieses abwechslungsreiche Reiseprogramm, mit dem Sie das Naturparadies Big Island kennen lernen können: Besuch des aktivsten Vulkanismusgebiets der Welt im Volcano National Park, Wanderung zu den Lavaströmen, Hubschrauberflug über die lavafördernden Vulkane, Fahrten in die tropische Vegetation, zu Wasserfällen, zum Strand und das Eintauchen in die Unterwasserwelt.

»Aloha, e komo mai« – willkommen im Paradies! Entfliehen Sie dem grauen Herbstwetter in eine exotische Welt. <<

REISEDATEN LA PALMA/TENERIFFA:
1. 9. – 15. 9. 2007 (6 Tage La Palma/8 Tage Teneriffa), Preis im Doppelzimmer: 1970,– Euro

REISEDATEN HAWAII:
26. 11. – 10. 12. 2007 (14 Tage Big Island), Preis im Doppelzimmer: 3680,– Euro

INFOPAKET:
Wittmann Travel
Koldingstr. 21
22769 Hamburg
Tel.: 040 851053-76
Fax: 040 851053-77

E-Mail: info@wittmann-travel.de
Web: www.wittmann-travel.de
www.astronomie-heute.de/leserreisen
Reiseleitung: Joachim Biefang

Kanaren & Hawaii

Als Zeulenroda unterging

Wenn große Meteoriten auf die Erde fallen, können sie beträchtliche Verwüstungen anrichten. Eine Stadt sollte dabei möglichst nicht im Weg sein.

>> Rudolf Kippenhahn

Noch immer sehe ich das erschrockene Gesicht des Bürgermeisters vor mir, damals im Oktober 1995, als ich im thüringischen Zeulenroda über die Gefahr sprach, dass ein aus dem Weltall kommender Meteorit auf der Erde größeren Schaden verursacht.

Dazu versetzte ich eine Katastrophe, die sich fast neunzig Jahre zuvor ereignet hatte, von Sibirien nach Zeulenroda. Am 30. Juni 1908 war ein Körper aus dem Weltall in der Taiga niedergegangen und hatte die hundertfache Energie der Atombombe von Hiroshima freigesetzt. In einem Umkreis von etwa fünf Kilometern brannten die Bäume, noch 23 Kilometer vom Aufprall entfernt lagen sie reihenweise am Boden, die Baumkronen von der Einschlagstelle weggerichtet.

Wenn sich das Ganze in Zeulenroda abgespielt hätte, so erklärte ich meinem Publikum, wäre nahezu die ganze Stadt in Flammen aufgegangen, in weitem Umkreis hätte es alle Baumstämme umgeworfen. Noch während ich dies schilderte, entdeckte ich den Bürgermeister in der ersten Reihe. Der Ärmste musste mit anhören, wie ich seine Stadt in Schutt und Asche versinken ließ.

Aber der sibirische Meteorit war nicht mein einziger Schocker. Ich konnte mit weiteren historischen Schreckensszenarien aufwarten. So fiel vor etwa 15 Millionen Jahren ein Körper in Süddeutschland vom Himmel und schlug einen Krater von 25 Kilometer Durchmesser. Heute ist die Vertiefung längst aufgefüllt, doch ihr Rand existiert noch; er umgibt die Stadt Nördlingen wie ein Ring. Das bei dem Einschlag entstandene Gestein heißt heute Suevit oder Trass. Daraus ist die Nördlinger St.-Georgskirche gebaut – wohl das einzige Gotteshaus, das direkt vom Himmel gekommen ist.

DAVID RODDY, LPI

LEONID ALEXEJEWITSCH KULIK

Ein 1200-Meter-Krater blieb zurück, als vor 25 000 Jahren ein 30-Meter-Meteorit in Arizona niederging (oben). Beim Einschlag 1908 in Sibirien knickten dort die Bäume wie Streichhölzer um (unten).

Das Ende der Schreckensechsen

Vor 65 Millionen Jahren stürzte ein mächtiger kosmischer Brocken auf die mexikanische Halbinsel Yukatan und riss einen 180 Kilometer großen Krater. Zu jener Zeit starben die Dinosaurier aus und machten den Säugetieren Platz. Ließ der vom Staub verfinsterte Himmel vielleicht jahrzehntelang keine Pflanzen wachsen und damit die Saurier verhungern?

Nicht immer sind die Folgen so verheerend. Am Abend des 9. Oktober 1992 zog ein Schwarm leuchtender Meteore über Westvirginia. Innerhalb von vierzig

Sekunden legten sie 700 Kilometer zurück. Zuschauer in mehreren Footballstadien richteten ihre Kameras vom Spielgeschehen weg zum Himmel.

Kurze Zeit später hörte die Studentin Michelle Knapp in Peekskill im US-Staat New York einen lauten Krach vor ihrer Haustür. Als sie nachschaute, sah sie, dass der Kofferraum ihres Wagens demoliert war. Der Schaden hielt sich in Grenzen, zumal Steine vom Himmel sehr wertvoll sind. Für das 27 Pfund schwere Stück bot man der jungen Frau 69 000 Dollar.

Wie bei der Richterskala für Erdbeben lässt sich die Stärke eines Einschlags erst bestimmen, wenn das Malheur bereits passiert ist. Erdbeben kommen unverhofft, sich der Erde nähernde Himmelskörper erkennen wir aber schon frühzeitig. Was wäre, wenn die Nasa im Rahmen ihres Programms »Space Guard Survey« (mit dem sie seit Anfang der 1990er Jahren nach gefährlichen Objekten Ausschau hält) plötzlich einen Asteroiden entdeckt, der mit der Erde zusammenzustoßen droht?

Anfangs kennt man seine Bahn nicht genau genug, um mit Sicherheit sagen zu können, ob er uns treffen oder verfehlen wird. Das ist aber wichtig, denn die Gefahr hängt nicht nur von der Größe des Himmelskörpers ab und damit von seiner Aufschlagsenergie, sondern auch von der Wahrscheinlichkeit dafür, dass er mit uns kollidiert. Was macht mehr Angst, ein großer Körper, der mit geringer Wahrscheinlichkeit auf die Erde trifft, oder ein kleiner, der sie sicher treffen wird?

Der Planetenforscher Richard Binzel vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) hat eine Einteilung erarbeitet, welche die Energie und die Wahrscheinlichkeit eines Aufschlags unter einen Hut bringt. Sie heißt Turiner Skala, weil Binzel sie erstmals auf einer Fachtagung in Turin vorstellte.

Die Werte dieser von null bis zehn reichenden Skala setzen sich aus zwei Komponenten zusammen, die eigentlich gar nichts miteinander zu tun haben: die Stärke des Einschlags und die der Furcht vor ihm. So wie die Intensität der Angst ändert sich auch die Gefahrenstufe der Turiner Skala mit der Zeit, denn je präziser man die Bahn eines herannahenden Himmelskörpers kennt, umso genauer kann man die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes berechnen.

Trifft ein Körper die Erde, dann hängt der Schaden in erster Linie von seiner Größe ab. Liegt sein Durchmesser unter zwanzig Metern, gehört er zur Turiner Gefahrenklasse null. Bei Durchmessern zwischen zwanzig und hundert Metern gilt Gefahrenklasse acht. Der Einschlag, der den Meteorkrater in Arizona schuf, aber auch die Katastrophe in Sibirien gehörten dazu. Man schätzt, dass ein Ereignis der Gefahrenklasse acht einmal in fünfzig bis tausend Jahren vorkommt.

Die Großen sind selten

Liegt der Durchmesser des kosmischen Brockens zwischen hundert und tausend Metern, herrscht Gefahrenklasse neun. Alle tausend bis 100 000 Jahre kann sich ein solcher Einschlag ereigenen. Gefahrenklasse zehn gilt bei Körpern mit mehr als einem Kilometer Durchmesser. Ein solcher verursachte zum Beispiel den Yukatan-Krater. Gefahrenklasse-zehn-Kollisionen verändern das globale Klima.

Zurzeit steht uns der Asteroid Apophis ins Haus. Mit seinen 320 Kilometern Durchmesser umkreist er die Sonne nahe der Erdbahn. Am Freitag, den 13. April 2029, wird er sich unserem Heimatplaneten bedenklich nähern. Lange Zeit fürchtete man, er würde uns treffen, doch die Untersuchungen ergaben schließlich, dass Apophis 2029 im hauchdünnen Abstand von sechs Erdradien an uns vorbeifliegt. Allerdings könnte seine Schwerkraft die Erdbahn dabei geringfügig verändern, sodass er neun Jahre später tatsächlich mit uns kollidiert.

Um im Voraus zu wissen, ob das wirklich geschieht, muss man die Bewegung des Asteroiden besser kennen. Die Nasa will auf Apophis einen Radiosender absetzen, dessen regelmäßige Signale uns seine Bahn genau bestimmen lassen.

Was kann man tun, um einen Zusammenstoß mit einem großen Himmelskörper zu vermeiden? Bis vor einigen Jahren glaubte man, eine Raumsonde könne einen Asteroiden nur mit einer Atombombe zerstören oder wenigstens aus seiner gefährlichen Bahn werfen. Mittlerweile gibt es hierzu auch weniger militaristische Ideen (AH 1-2/2006, S. 10). Man könnte zum Beispiel ein Raumschiff mit genügend großer Masse, sagen wir zwanzig Tonnen und mehr, in festem Abstand neben einem tödlichen Asteroiden herfliegen lassen. Die Schwerkraft des künstlichen Satelliten zöge den Himmelskörper dann allmählich aus seiner Bahn. Obwohl diese Kraft sehr gering ist – über lange Zeit kann sie den Körper so ablenken, dass er die Erde verschont. Aber nur, wenn man hinreichend früh damit beginnt.

Den Vortrag von Zeulenroda habe ich noch öfter gehalten, natürlich an die jeweilige Stadt angepasst. Dabei habe ich zum Beispiel Bad Nauheim, Göttingen, München oder Neckarsulm vernichtet. Das war leichter als in Zeulenroda, denn ich musste dabei keinem der Stadtoberhäupter in die Augen schauen. <<

PIERRE THOMAS, LAB. DE SCIENCES DE LA TERRE LYON

Das Auto der Amerikanerin Michelle Knapp wurde am 9. Oktober 1992 ramponiert, als ein Meteoritenstück draufkrachte. Der Übeltäter ist im Vordergrund zu sehen.

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

Thomas Reiter (rechts) im Gespräch mit AH-Mitarbeiter Frank Schubert

BEIDE FOTOS: STEPHAN FICHTNER

Sechs Monate im Lärm

Der deutsche Astronaut Thomas Reiter kehrte Ende Dezember von seinem Aufenthalt auf der Internationalen Raumstation ISS zurück. Wir fragten ihn nach seinen Erlebnissen.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr Reiter, es ist jetzt etwa 14 Uhr mitteleuropäischer Winterzeit. Welche Zeitzone herrscht auf der ISS?

Thomas Reiter: Eine Stunde vorher – Greenwich Mean Time. Es kann passieren, dass der Arbeitsrhythmus auf der Station aus irgendwelchen Gründen mal verändert wird, etwa wenn ein Außenbordeinsatz geplant ist, ein Progress-Versorgungsraumschiff andockt oder Ähnliches. In solchen Fällen verschiebt sich der Tagesablauf. Die meiste Zeit arbeitet man aber nach Greenwich Mean Time.

AH: Die Station umkreist die Erde etwa 16-mal pro Tag. Woher wissen Sie, wann Tag und Nacht ist?

Reiter: Das richtet sich ganz einfach nach der Uhr. Wir haben jeden Tag einen sehr engen Arbeitsplan da oben, fast jede Minute ist ausgebucht. Abends gibt es etwa eine Stunde Freizeit. Gegen elf Uhr geht man ins Bett – egal ob man da gerade auf der Nacht- oder der Tagseite der Erde ist.

AH: Wie sah denn Ihr typischer Tagesablauf auf der Station aus?

Reiter: Man steht morgens um sieben auf und hat etwa eine Stunde Zeit, sich vorzubereiten: Morgentoilette, Zähne putzen, frühstücken, die wichtigsten Systeme checken. Dann schaut man sich seinen Tagesplan an und legt los. Anderthalb Stunden später haben wir eine Planungskonferenz, wo noch einmal die wesentlichen Tätigkeiten des Tages durchgesprochen werden. Bis zirka ein Uhr arbeiten wir, dann machen wir Sport. Man muss jeden Tag ungefähr zweieinhalb Stunden Sport treiben. Manche machen das in einem Block, ich habe das auf zwei Blöcke aufgeteilt: vor dem Mittag- und vor dem Abendessen. Nachmittags arbeiten wir weiter bis abends um sechs, dann steht wieder Sport auf dem Programm und schließlich das Abendessen. Vorher gibt es aber noch einmal eine Planungskonferenz, wo man die Ergebnisse des Tages durchspricht und durchgeht, was am nächsten Tag anliegt. Man bekommt eine Unmenge an Informationen.

AH: Gibt es eine feste Nachtruhe auf der ISS oder bleibt das in gewissen Grenzen Ihnen überlassen?

Reiter: Es gibt durchaus eine feste Nachtruhe. Das ist für alle Besatzungsmitglieder gleich, denn falls während der Schlafphase irgendwas passieren sollte, gibt es genügend laute Alarmsignale, die einen aufwecken. Insofern können sich alle zur selben Zeit zur Ruhe begeben. Das ist eben alles festgelegt. Nur abends nach neun bleibt jedem ein wenig freie Zeit, um zu trainieren, die Aussicht zu genießen oder Musik zu hören. Jeder hat dort oben eine so genannte Crew-Webpage, auf die er Nachrichten geschickt bekommt. Da sind zum Beispiel Fernsehnachrichten, Zeitungen, Meldungen, Bilder von der Familie dabei. Das schaut man sich dann kurz vorm Schlafengehen an.

AH: Sie arbeiten also nicht in Schichten, sondern sind gleichgetaktet, wenn Sie auf der Station sind?

Reiter: Bei drei Leuten: ja. Wenn die Station mit sechs Personen besetzt wäre, dann würde es vermutlich einen Schichtbetrieb geben. Denn in bestimmten Bereichen der Station ergeben sich Engpässe, wenn viele Personen an Bord sind – etwa im russischen Servicemodul, wo sich der Tisch befindet, an dem die Leute ihr Essen zubereiten. Man kann dort natürlich auch zu sechst essen, aber nach drei, vier Wochen würde einem das sicher auf den Geist gehen.

AH: Es gibt ein Foto, das Sie zeigt, während Sie in der Station sitzen und Musik von einem iPod hören. Welcher Musik haben Sie denn da gelauscht?

Reiter: Dieser iPod gehörte nicht mir, sondern wurde von Anousheh Ansari (die erste Weltraumtouristin, Anm. der Red.) mit auf die Station gebracht und dort gelassen. Die Musik darauf bildete eine ganz gute Schnittmenge mit dem, was ich höre: Klassik-Rock, Blues, Jazz, auch Klassik. Auf dem iPod war auch Popmusik, die ich mir ebenfalls anhörte. Ansonsten hatte ich meine eigene Musik auf CD dabei.

AH: Wie viele persönliche Gegenstände durften Sie mit nach oben nehmen? Ist das von der Masse oder vom Volumen her begrenzt?

Reiter: Sowohl als auch. In die Sojus darf man meist nur anderthalb Kilogramm mitnehmen – nicht besonders viel. Im Spaceshuttle ist es etwas mehr: Unser persönliches Paket darf dort etwa 30 mal 30 mal 40 Zentimeter groß sein. Da passt schon einiges hinein. Ich habe das gar nicht vollständig ausgeschöpft – auch weil bis zum Schluss nicht klar war, ob der Flug mit dem Shuttle zu Stande kommt. Falls es nicht wie vorgesehen geklappt hätte, dann hätte ich womöglich ein paar Sachen aus meinem Paket wieder aussortieren müssen. Was nimmt man mit? Natürlich Bilder von der Familie, kleine Andenken, Talismane. Das ist heute übrigens alles viel einfacher als früher, weil auf der Station ja Computer in rauen Mengen vorhanden sind. Man kann sich Musik im MP3-Format als Datei hochschicken lassen und so weiter. Ich glaube, ich hätte die ganzen sechs Monate da oben Musik hören können.

Ein Langzeitaufenthalt auf der Station ist für das Gehör sicher nicht das Gesündeste

AH: Es ist immer wieder die Rede davon, dass die Weltraumstrahlung auch Speichermedien von Computern beeinflusst. Macht sich das irgendwie bemerkbar?

Reiter: Es kommt schon mal vor, dass ein Computer abstürzt. Das passiert vor allem bei Laptops, sodass man die gelegentlich neu starten muss. Keineswegs ist es aber so, dass die Rechner dauernd hängen bleiben. Man kann diese Effekte vernachlässigen. Während meiner ersten Weltraummission zur russischen Station »Mir« liefen auf den Computern Programme, die solche Abstürze gezählt haben. Das wurde später ausgewertet, um zu sehen, welche Bauteile besonders betroffen sind. Flüchtige Speicher – etwa USB-Sticks – sind gefährdet, da kann es durchaus mal zum Datenverlust kommen. Insgesamt ist aber im letzten halben Jahr da oben nicht viel passiert. Man sieht allerdings hin und wieder farbige Lichtblitze und leuchtendes Grieseln, wenn man sich nachts zur Ruhe begibt und die Augen schließt – das ist ganz nett.

AH: Schlafen Sie alle im selben Stationsmodul oder jeder woanders?

Reiter: Der amerikanische Kollege hat eine Kajüte im Destiny-Modul, ein ganz kleines Ding mit einer Grundfläche von 0,6 Quadratmetern. Im russischen Segment sind zwei Kajüten ähnlicher Art, auch mit etwa der gleichen Grundfläche. Darin hat man dann seine persönlichen Gegenstände, hängt Bilder von der Familie auf und kann die Tür zumachen. Das hält auch das Getöse der Ventilatoren ab, die die Luft umwälzen. Falls Besucher kommen, etwa bei Mission SDS 116, dann nächtigen die auch mal im Progress-Raumschiff, was ich aber für keinen guten Schlafplatz halte, weil es da noch einmal ein ganzes Stück lauter ist als in der Station. Aber wenn man nur ein paar Tage oben ist, mag das gehen. Anousheh Ansari hatte ihr Lager in der Luftschleuse aufgeschlagen. Die amerikanische Luftschleuse ist eigentlich sehr angenehm, weil vergleichsweise ruhig.

AH: Ist es auf der Station generell laut?

Reiter: Ja, besonders im russischen Segment. Dort herrschen permanent 72 bis 74 Dezibel.

AH: Das würde unter normalen Wohnverhältnissen als Ruhestörung gelten.

Reiter: Wir nehmen zum Schlafen gern Ohrenstöpsel. Ich habe auch welche benutzt. Die dürfen natürlich nicht zu gut dämpfen, damit wir im Ernstfall den Alarm hören.

AH: Und tagsüber blenden Sie die Geräuschkulisse irgendwie aus?

Reiter: Das ist verschieden. Es gab auch Phasen, wo mich das gestört hat – besonders wenn ich mich konzentrieren musste. Ein Langzeitaufenthalt auf der Station ist für das Gehör sicher nicht das Gesündeste, aber – toi, toi, toi! – ich habe noch keine Dellen in meinem Audiogramm.

AH: Sie nächtigen auf der ISS in Schlafsäcken. Hängen Sie die irgendwo ein, benutzen Sie Kopfkissen oder brauchen Sie die gar nicht?

Reiter: Das kann natürlich jeder auf seine Weise gestalten. Ich habe meinen Schlafsack dreimal an der Kajütenwand festgemacht: am Kopf, in der Mitte und an den Füßen. Man muss >

ESA

Zwei Freunde Ganz besonders freute sich Thomas Reiter (ganz links) darüber, im Dezember 2006 seinen Kollegen Christer Fuglesang (rechts daneben) im All zu treffen.

> sich ja nirgendwo drauflegen – der Schlafsack soll einen nur festhalten. Und warm halten natürlich, denn es wird mitunter kühl. Manche machen Gummibänder drüber – es gibt ja Leute, die brauchen das Gefühl, auf dem Rücken zu liegen. Sonst können sie nicht einschlafen, weil sie glauben, sie würden fallen. Dieses Problem hatte ich nicht, im Gegenteil: Ich fand es angenehm und entspannend, ohne Druckstellen zu schlafen. Morgens fühlte ich mich immer sehr erholt.

AH: Träumt man in der Schwerelosigkeit manchmal davon, in eine tiefe Schlucht zu stürzen?

Reiter: Am Anfang ja. Mir ist es in den ersten Tagen so gegangen, vor allem in der Einschlafphase. Nach kurzer Zeit war das aber weg. Übrigens kann es auch Probleme geben, wenn man wieder zurück auf dem Boden ist. Ich habe von Kollegen gehört, die in der ersten Nacht auf der Erde ständig aufwachten, weil sie dachten: Was drückt denn da gegen meinen Rücken?

AH: Der Mensch, ein Gewohnheitstier?

Reiter: Ja, es ist beeindruckend, wie anpassungsfähig der Körper ist. Für so eine schwerelose Umgebung sind wir doch gar nicht gemacht. Aber nach einigen Anfangsschwierigkeiten wird das vom Körper alles kompensiert.

AH: Wie viele Stunden konnten Sie pro Nacht schlafen?

Reiter: Wahrscheinlich sechs bis sieben, manchmal mehr. Es gibt auch Phasen, wo man sich erholen kann. Am Wochenende, wenn nicht irgendetwas Dringendes anstand, haben wir auch mal ausgeschlafen und das Defizit von der Woche etwas aufgeholt.

AH: Sie sagten einmal, Sie seien im ersten Moment von der Größe der Station überrascht gewesen.

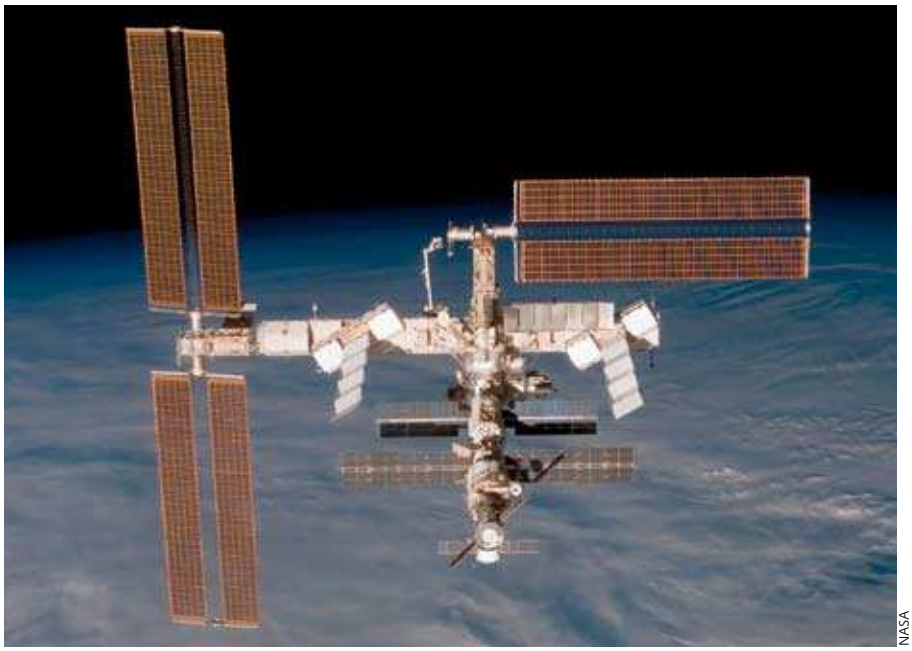
Reiter: Na ja, wenn man entlang der Längsachse schwebt, dann sind das zirka sechzig Meter Wegstrecke. Man kann das nicht direkt sehen, weil sich bei der Hälfte der Strecke – zwischen dem amerikanischen und dem russischen Modul – ein Adapter befindet, der die Modulachsen etwas gegeneinander versetzt. Man muss also nach dreißig Metern einen Schlenker nach oben machen und dann geht es weiter. Sechzig Meter sind eine wahnsinnig lange Strecke. Es ist schon beeindruckend, wenn Sie in der Schwerelosigkeit einen so langen Weg zurücklegen – besonders, wenn Sie vorher zwei Tage lang in dem verhältnismäßig engen Shuttle gewesen sind.

AH: Stimmt es, dass die Station riecht?

Reiter: Wenn man das Schott öffnet, stellt man tatsächlich einen eigentümlichen Geruch fest – als würde man in einen Raum kommen, in dem viele Computer stehen. Aber das ist nur ganz schwach, nach einer Minute nehmen Sie das gar nicht mehr wahr. Die Luft wird ja permanent umgewälzt. Einmal hatten wir Probleme mit einem russischen Elektrolysegerät, dabei wurde eine Substanz freigesetzt, die nach Teer stank. Innerhalb kurzer Zeit ist das wieder aus der Luft gefiltert – das dauert keine drei Stunden.

AH: Sie sagten vorhin, dass es auf der ISS durchaus mal eng werden kann. Wenn aber zum Beispiel ein Spaceshuttle andockt, kommen da ja sieben Leute mit. Sind Sie dann zu zehnt auf der Station, und wie läuft das?

Reiter: Wenn ein Shuttle angedockt hat, laden wir die Kollegen selbstverständ-


NASA

Die ISS war sechs Monate lang das Zuhause von Thomas Reiter. Als nächster Deutscher fliegt im Herbst dieses Jahres Hans Schlegel auf die Station.

lich zum Essen auf die Station ein. Üblicherweise gibt es dann eine Gegeneinladung zum Dinner auf dem Shuttle. Tagsüber kommt es natürlich vor, dass alle zehn irgendwo auf der Station unterwegs sind. Es ist aber nicht so, dass man sich permanent auf der Pelle hängt. Die Leute verteilen sich in solchen Fällen meist über die ganze ISS. Außerdem kommen die Kollegen nicht jeden Tag rüber, sondern vielleicht ein- oder zweimal. Klar, beim Abendessen kann es eng werden, aber das ist kein Problem. Etwas anderes ist es, wenn eine Sojus andockt: Deren Besatzung ist froh, wenn sie die enge Kapsel endlich verlassen kann. Da sind wir tatsächlich knapp zehn Tage lang zu sechst auf der Station, aber damit arrangiert man sich.

AH: Hatten Sie am Wochenende auch mal richtig frei?

Reiter: Nicht ganz, aber zumindest hatten wir mehr Freizeit als unter der Woche. Am Samstag mussten wir natürlich putzen, das kennen Sie vielleicht von Ihrem eigenen Haushalt. Da sind eine Menge Dinge zu erledigen: Filter reinigen, aufräumen, sauber machen. Ansonsten gibt es an den Wochenenden die Planungskonferenzen, in denen man die nächste und die übernächste Woche absteckt.

AH: Wo Sie vom Putzen reden: Gibt es Staub auf der ISS? Er kann ja schließlich nicht von draußen reinkommen.

Reiter: Es gibt eine Menge Staub. Allein wegen der Kleidung, die reichlich Fasern freisetzt. Und dann sind da noch die Transporter, die Ausrüstungsgegenstände nach oben bringen, aus denen sich ebenfalls Staubpartikel lösen und so weiter. Man ist immer überrascht, wenn man sieht, wie viel Schmutz in den Filtern der Umwälzanlage hängt.

AH: Sie haben sich auf Ihren Einsatz akribisch vorbereitet. Gab es dennoch ein überraschendes Ereignis da oben?

Reiter: Nein, im Großen und Ganzen ist die Ausbildung so, dass man keine Überraschung erlebt. Natürlich – für jemanden, der das noch nie gemacht hat, ist dieses Erlebnis insgesamt eine ungewöhnliche Sache. Besonders mechanische Arbeiten, für die man viele Werkzeuge braucht, sind für unerfahrene Kollegen ein Problem. Sie gehen dann los, sammeln die ganze Ausrüstung zusammen und packen sie in einen Beutel. Wenn sie den später aufmachen und alles herausschwebt, sind sie die meiste Zeit damit beschäftigt, die Schraubenschlüssel, Schraubenzieher und Zangen wieder einzufangen. Obwohl jeder weiß, dass Gegenstände in der Schwerelosigkeit nicht an ihrem Platz bleiben, haben viele am Anfang trotzdem die Vorstellung: Wenn ich etwas vor mich hinstelle, mich umdrehe und dann wieder hinschaue, dann ist es noch da. Aber das ist eben nicht so.

AH: Sie sind sowohl mit dem Spaceshuttle als auch mit der Sojus geflogen. Welches davon würden Sie bei künftigen Missionen bevorzugen?

Reiter: Das wäre von meiner Funktion abhängig. Der Vorteil an der Sojus ist, dass ich auf dem linken Sitz als Bordingenieur für den Hin- und Rückflug eine Aufgabe habe. Im Shuttle sitzt man auf dem Mitteldeck und hat nichts zu tun, das wird alles vom Kommandanten und vom Piloten sowie von zwei Missionsspezialisten auf dem Flugdeck gemacht. Allerdings muss ich gestehen, dass der Wiedereintritt im Shuttle wesentlich angenehmer ist als in der Sojus. Es gibt schön viel Platz, man liegt auf dem Rücken und muss beim Eintritt in die Atmosphäre gerade mal die anderthalbfache Erdbeschleunigung aushalten.

AH: Das ist weniger als bei einer Achterbahnfahrt auf dem Jahrmarkt.

Reiter: Ganz genau.

AH: Nasa-Chef Michael Griffin sagt, dass die US-Missionen der Zukunft eher wie Apollo aussehen werden. Müssen sich künftige US-Astronauten wieder in enge Kapseln zwängen?

Reiter: Genau das ist damit gemeint. Wenn man sich den ersten Entwurf des Crew Exploration Vehicle anschaut, bleibt kein Zweifel: In diese Kapsel sollen fünf oder sechs Leute rein – das könnte durchaus ein gewisses Gedränge geben. Es wird sicherlich nicht so extrem eng sein wie in der Sojus, wo man zu dritt mit angezogenen Beinen sitzt. Aber den Komfort des Shuttles wird das Crew Exploration Vehicle zweifelsohne nicht bieten. <<

Die Fragen stellten **Stephan Fichtner** und **Frank Schubert**.

Wissen Sie, was Bill Gates über Roboter denkt?

In Spektrum der Wissenschaft berichten internationale Experten schon heute über Forschungsergebnisse, die die Welt von morgen bewegen werden. Kompetent authentisch, verständlich.

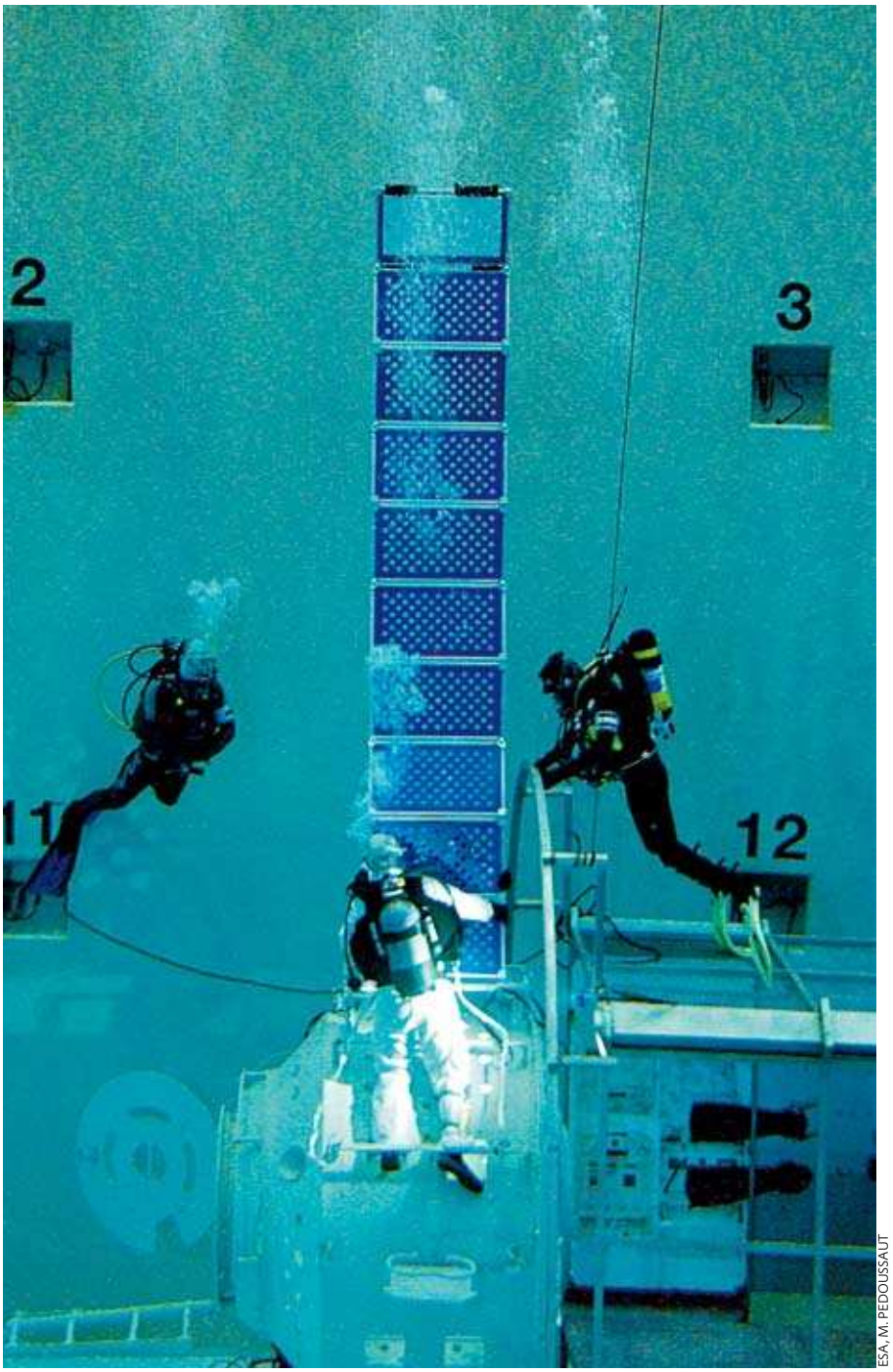
www.spektrum.de

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Slevogtstraße 3–5 | 69126 Heidelberg | Tel. 06221 9126-743 | Fax 06221 9126-751 | service@spektrum.com

Spektrum DER WISSENSCHAFT Wissen aus erster Hand

Weltraumtor am Rhein

Im Europäischen Astronautenzentrum in Köln trainieren Raumfahrer aus allen Ländern. **>> Ulrike Sinzel**



ESA, M. PEDOUSSAUT

Zwei Kosmonauten proben ein Andockmanöver. Sie sitzen in einem Simulator, der Teile der Internationalen Raumstation ISS nachbildet. Und wo steht dieser Simulator? Nicht etwa in Moskau oder in Houston – sondern in Köln-Porz. Hier, im Europäischen Astronautenzentrum EAC, trainieren die Astronauten der Europäischen Weltraumorganisation Esa.

Dazu gehören auch Übungen zum Umgang mit dem unbemannten Transporter Jules Verne und am Weltraumlabor Columbus. Um dessen Bedienung zu erlernen, reisen sogar Raumfahrer aus den USA, Russland, Japan und Kanada an. Auf Columbus ist die Esa zu Recht stolz: Es ist ihr erstes Forschungsmodul, das jahrelang permanent im All bleiben wird, und zugleich der wichtigste Beitrag, den die Europäer zur Raumstation leisten. Im Herbst soll das Labor an die Raumstation ankoppeln. Derzeit wird es im Kennedy Space Center, Florida, auf seinen Transport zur ISS vorbereitet.

Columbus mal drei

In einer großen Halle des Kölner Astronautenzentrums befinden sich gleich mehrere Nachbildungen von Columbus: ein Prototyp mit der gleichen Software wie das Original, eine 1:1-Kopie sowie eine funktionsunfähige Attrappe. Während der Prototyp und die Attrappe hauptsächlich dem Astronautentraining dienen, wird die exakte Nachbildung

Training unter Wasser ist für Raumfahrer sehr wichtig, denn es simuliert die Bedingungen unter Schwerelosigkeit. Den Astronauten steht dafür im EAC das größte Tauchbecken Europas zur Verfügung.

ULRIKE SINZEL

Das Columbus-Labor gibt es in mehreren Nachbildungen. Hier zu sehen ist eine Kopie, die am EAC steht.

streng unter Verschluss gehalten. Sie kommt erst dann zum Einsatz, wenn das echte Columbus-Modul bereits um die Erde kreist. Experten nutzen die 1:1-Kopie, um bestimmte Situationen im Weltraumlabor auf der Ede nachzustellen. Sollten mit Columbus unerwartete Probleme auftreten, können die Fachleute auf diese Weise mögliche Lösungen durchspielen.

Bei ihrer Ausbildung nutzen die Astronauten zudem einige blaue Container, die funktionstüchtige Kopien von einzelnen Teilen des Columbus-Labors enthalten. Mit Hilfe dieser Behälter kann an mehreren Arbeitsplätzen des Weltraumlabors zugleich trainiert werden, ohne dass die Raumfahrer sich dabei im Weg stehen.

In einem der Container lernen die Astronauten beispielsweise, das »Bio-Lab« zu bedienen. Darin sollen biologische Experimente an Zellen, Pflanzen oder kleinen wirbellosen Tieren durchgeführt werden. Um das Verhalten von Flüssigkeiten in der Schwerelosigkeit zu untersuchen, machen sich die Raumfahrer mit dem »Fluid Science Lab« (FSL) vertraut. Für medizinische Experimente wiederum steht ihnen das »European Physiology Module« (EPM) zur Verfügung.

Ein besonders ausgetüfteltes System bietet Columbus mit dem »European Drawer Rack« (EDR, zu Deutsch etwa: europäisches Schubladengehäuse). Es besteht aus zahlreichen Fächern mit einheitlichen Abmessungen, in denen jeweils ein Versuchsaufbau unterkommt. Hier können Forscher aus allen möglichen Fachrichtungen einen Platz für ihr eigenes Weltraum-Experiment mieten. Alle nötigen Anschlüsse (zum Beispiel Strom) sind beim EDR sehr gut zugänglich, sodass Versuchsgeräte ohne großen Aufwand aus- oder eingebaut werden können – selbst in Schwerelosigkeit.

Trainingszentrum der Esa

Nach dem Deutschen Thomas Reiter, der bei seinem Langzeitflug rechtlich zur russischen Crew gehörte, und dem Dänen Christer Fuglesang im letzten Jahr werden auch dieses Jahr wieder zwei Europäer zur Raumstation fliegen. Der Italiener Paolo Nespoli hat den Auftrag, in diesem Sommer den Verbindungsknoten »Node 2« an der ISS anzubringen, und zwar am amerikanischen Destiny-Modul. Vorausgesetzt diese Mission verläuft erfolgreich, wird im Herbst ein zweiter Esa-Astronaut am Aufbau der Station mitarbeiten: Der Deutsche Hans Schlegel soll als Missionsspezialist an dem für Oktober geplanten Discovery-Flug teilnehmen. Zusammen mit seinem amerikanischen Kollegen Rex Walheim hat er die Aufgabe, das Columbus-Modul an die ISS anzukoppeln und in Betrieb zu nehmen.

WISSEN, WAS HEUTE WICHTIG IST

Die Redaktion von spektrumdirekt informiert Sie schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.

www.spektrumdirekt.de/heute

spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

ULRIKE SINZEL

> Die Bewegungsabläufe müssen bei diesen Manövern genau stimmen. »Wir wiederholen jede wichtige Prozedur etwa siebenmal im Wasserbecken«, berichtet Schlegel. Das Training im Wasser kann die Bedingungen unter Schwerelosigkeit recht gut simulieren. Zwar eignen sich Parabelflüge für diesen Zweck noch besser, aber die sind kostspielig und aufwändig.

Das Astronautenzentrum in Köln verfügt daher über das größte Tauchbecken Europas. Lebenswichtige Handgriffe werden hier eingeübt. Dazu gehört die Montage von Nutzlasten oder der Gebrauch des »Space Tether« – jenes Seils, das die Astronauten bei einem Außenbordeinsatz davor bewahrt, ins Weltall abzudriften. Und auch das Arbeiten in dem klobigen Astronautenanzug lässt sich unter Wasser gut erlernen.

Gemeinsam stark

»Zur Astronautenausbildung gehört aber nicht nur das aktive Training im Becken oder an den Simulatoren«, weiß Horst Schaarschmidt, leitender Manager des EAC, »einen Großteil der Zeit müssen die Astronauten quasi die Schulbank drücken und einfach sehr viel lernen.« Spannend sei der Alltag im EAC dennoch, sagt Schaarschmidt: »Mitarbeiter aus unterschiedlichen europäischen Ländern, aber auch aus Kanada, Russland und den USA bringen ihre Erfahrung ins Team ein.« Die rund hundert Angestellten, von denen zehn Astronauten sind, arbeiten zwar alle in derselben Einrichtung, haben aber unterschiedliche Arbeitgeber. »Es ist eine einmalige internationale Zusammenarbeit, die ohne große Probleme funktioniert«, so Schaarschmidt.

Hans Schlegel stimmt dem zu. In der Internationalen Raumstation sieht er einen wichtigen Beitrag zur Völkerverständigung: »Ich kann mir kaum etwas Schöneres vorstellen, als an diesem riesigen, internationalen Projekt mitwirken zu dürfen«, erklärt der Astronaut.

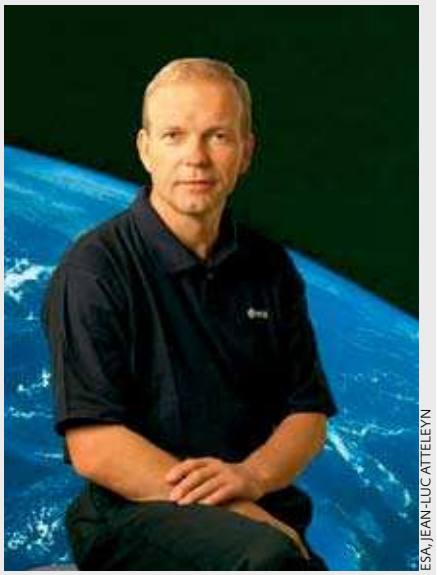
Für alle, die sich den gleichen Traum wie Hans Schlegel erfüllen möchten, gibt es eine gute Nachricht. Wahrscheinlich schreibt das Europäische Astronautenzentrum noch in diesem Jahr Bewerbungsrunden und Auswahlverfahren für Nachwuchsastronauten aus. Denn die langfristige Zukunftsplanung befasst sich bereits mit bemannten Marsmissionen – und dafür kommen die Mitglieder des derzeitigen Esa-Teams aus Altersgründen nicht mehr in Frage. Dies wird eine Aufgabe für die europäischen Astronauten der nächsten Generation sein. <<

Ulrike Sinzel studiert »Communication and Multimediadesign« in Maastricht und schreibt für mehrere Zeitungen.

Das Innenleben des Columbus-Moduls erklärt EAC-Manager Horst Schaarschmidt. Die braunen Fächer gehören zum European Drawer Deck (EDR), der vordere Bereich zum European Physiology Module (EPM). Das EPM soll dazu dienen, die Auswirkungen von Langzeit-Raumflügen auf den menschlichen Körper zu untersuchen.

Interview mit Esa-Astronaut Hans Schlegel

Vor 14 Jahren startete Hans Schlegel (55) mit der Spacelab-Mission D2 zum ersten Mal ins All. Seitdem absolvierte er unter anderem eine Zusatzausbildung zum zweiten Bordingenieur der Raumstation Mir und betreute die Mission Mir'97 als Ersatzmann vom Boden aus. Seine Funktionen als leitender Esa-Astronaut sowie als Kontaktmann für den Funk zwischen Astronauten und Kontrollzentrum hat Schlegel nun für seine anstehende Mission zur ISS aufgegeben.



ESA, JEAN-LUC ATTELEYN

AH: Herr Schlegel, welche Arbeiten werden Sie bei den geplanten Weltraumspaziergängen durchführen?

Schlegel: Beim ersten Außernbordeinsatz werden wir das Columbus-Modul vorbereiten, damit es später aus der Ladebucht des Shuttles herausgehoben und an die ISS angedockt werden kann. Dann werden wir noch einen ungefähr 500 Kilogramm schweren Stickstofftank auswechseln. Zwei Tage später schließen wir den neuen Tank an, wozu wir erneut von Bord gehen müssen. Beim dritten Außenbord-Einsatz geht es darum, die Experimente, die auf dem Columbus-Modul angebracht werden, aus der Ladebucht zu nehmen. Das sind 350 bis 400 Kilogramm schwere Teile. Die haben in der Schwerelosigkeit zwar kein Gewicht, aber Masse.

AH: Das Columbus-Modul kostet 880 Millionen Euro. Haben Sie keine Angst, dass bei der Montage etwas schiefgeht?

Schlegel: Es ist einigermaßen robust gebaut, man kann die Sachen nicht einfach so kaputt machen. Aber wir müssen trotzdem aufpassen, dass an den kritischen Stellen alles gut geht – zum Beispiel, wenn wir die Labore Solar und Eutev (European Exposure Technology Facility), die verschiedene Experimente zur Sonnenforschung enthalten, auf der Außenseite anbringen. Dabei müssen wir vier verschiedene Aufnahmekegel in die dafür vorgesehenen Halterungen schieben, was mit einem gewissen Schwung passieren muss. Wir dürfen andererseits aber auch nicht zu heftig anschieben, damit das Columbus-Modul nicht mit dem Verbindungsknoten der Station zusammenstößt.

AH: Werden Sie während Ihrer Mission bereits Experimente betreuen?

Schlegel: Ja, wir können mit den Versuchen sofort beginnen. Bei der D2-Mission habe ich innnerhalb von zehn Tagen neunzig Experimente durchgeführt. Damals war ich der verlängerte Arm der Ingenieure. Auch jetzt werden wir 14 Stunden pro Tag sehr konzentriert an jedem einzelnen Experiment arbeiten. In vielen Fällen hat man keine Chance, etwas zu korrigieren. Fehler kann man sich da nicht leisten.

AH: Was fasziniert am meisten an so einer Mission? Etwa der Start?

Schlegel: Der Start ist natürlich spektakulär und auch am gefährlichsten: Man sitzt auf zwei Millionen Kilogramm Treibstoff, mit einem gehörigen Respekt davor, und überlegt sich, was man im Notfall machen könnte. Viel spannender finde ich aber den Eintritt in die Schwerelosigkeit: Plötzlich herrschen ganz andere Bedingungen als auf der Erde – es gibt kein Oben und Unten mehr. Und natürlich freue ich mich darauf, die ISS kennen zu lernen. Am faszinierendsten für mich ist aber wohl meine Aufgabe, das Forschungsmodul anzubringen. <<

Die Fragen stellte **Ulrike Sinzel**.

Ein Präsent
mit Botschaft

... ist unsere Armbanduhr »Pioneer«, die den berühmten Gruß der gleichnamigen Raumsonde an intelligente Wesen im All zeigt. Echtes Lederarmband; Preis: € 19,80 (zzgl. Versand).
Diese und weitere Geschenkideen – wie z. B. den »Rubik's Cube« im Spektrum-Design oder unsere T-Shirts mit wissenschaftlichen Motiven – finden Sie unter

www.spektrum.de/lesershop

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Slevogtstraße 3–5 | 69126 Heidelberg | Tel 06221 9126-743 | Fax 06221 9126-751 | service@spektrum.com

Spektrum DER WISSENSCHAFT Wissen aus erster Hand

ALLE FOTOMONTAGEN: CHRISTIAN PINTER

Unter christlichem Einfluss wurde der Venustag Freitag zum Unglückstermin. Hier steht der Mond neben dem Stern der Liebesgöttin.

Freitag, der 13.

Mond, Venus sowie die Kreuzigung Jesu begründeten das Unglücksdatum.

>> Christian Pinter

Freitag, der 13. – manchen Menschen jagt dieses Datum einen Schauer über den Rücken. Einige ergreift eine ins krankhafte gesteigerte Furcht, die »Paraskavedekatriaphobie«: Sie wollen an diesem Tag keine Entscheidungen treffen oder weigern sich, die Wohnung zu verlassen. Mitschuld trägt der Mond.

Frühere Kulturen verwendeten zunächst einen reinen Mondkalender. Ein neuer Monat begann mit dem ersten abendlichen Sichtbarwerden der zarten Mondsichel nach Neumond. Im Schnitt verstreichen dann 29,53 Tage bis zum nächsten Neulicht. Der Mondmonat dauert also 29 beziehungsweise 30 Kalendertage. Deshalb stellten die alten Babylonier ihren Mondgott Sin, den »weisen Lenker der Zeit«, manchmal durch die Zahl Dreißig dar.

Zwölf volle Mondmonate passen ins Sonnenjahr. Hält man die genauen Örter der aufeinander folgenden Vollmonde auf einer Sternkarte fest, schieben sich diese jeweils um rund ein Zwölftel innerhalb des Tierkreises weiter. Auch die Sonne legt in einem Mondmonat fast ein Zwölftel der Strecke auf ihrer jährlichen Bahn, der Ekliptik, zurück. Wohl deshalb teilten die Babylonier die Ekliptik in zwölf schematische, gleich lange Tierkreiszeichen auf. Um sie alle zu durchwandern, benötigt der Planet Jupiter, in

Babylon Sinnbild des höchsten Gottes Marduk, knapp zwölf Jahre. So wurde die Zahl zwölf im Lauf der Zeit zu einem Symbol kosmischer Ordnung und ging als solches in die Religionen vieler Kulturen ein: Zwölf Götter thronten auf dem griechischen Olymp.

Auch hier zu Lande bestimmte der Mond den Kalender, wie die Ähnlichkeit der Worte »Mond« und »Monat« zeigt. Nach zwölf Mondmonaten sind allerdings erst 354 Tage verstrichen. Die Sonne, deren Lauf die Jahreszeiten regelt, lässt sich auf ihrem Weg durch den Tierkreis elf Tage länger Zeit. Würde man den Mondkalender nicht immer wieder korrigieren, wäre es im Juli alle 34 Jahre je einmal Sommer, Herbst, Frühling und Winter.

Kulturen mit viel Landwirtschaft bevorzugten Kalender, die zumindest mittelfristig den Sonnenlauf spiegelten. In Mesopotamien beobachteten Gelehrte das Reifen der Feldfrüchte und das gleichzeitige Auftauchen bestimmter, saisonal typischer Sternbilder. Verspäteten sich die beiden Phänomene relativ zum Mondkalender, ordnete der König an, einen vollen 13. Mondmonat anzuhängen.

Doch ein 13. Mond passte nicht zu der auf der Zwölf fußenden Himmelsordnung. »Der 13. Monat – der Schaltmonat – wurde als ungehörig angesehen«, urteilte der Astronomiehistoriker Ernst Zinner: »Die Zahl 13 selbst kam dadurch in Verruf und wurde zur Unglückszahl«.

Strahlende Venus

Aus astrologischen Gründen assoziierten Sterndeuter im alten Rom jeden Tag der ursprünglich aus der jüdischen Kultur stammenden Siebentagewoche mit einem der damals bekannten Wandelsterne Mond, Mars, Merkur, Jupiter, Venus, Saturn und Sonne. Den Montag regierte Luna, den Dienstag der Kriegsgott Mars. Der Freitag fiel der Venus zu, die für Anmut und Schönheit, aber auch für die Freuden der Liebe stand. Die Germanen dagegen ersetzten die römischen Götter durch eigene. Deshalb erinnert unser Wort »Freitag« an Freya, die germanische Göttin der Liebe und der Liebenden, beziehungsweise an Frigg, die nicht immer treue Gemahlin Odins und Schutzherrin der Ehe und Mutterschaft.

In Mesopotamien sah das Volk im Planeten Venus die Verkörperung der sumerischen Kriegs- und Liebesgöttin Inanna beziehungsweise deren babylonischer Entsprechung Ischtar. Die Tochter des Mondgotts und höchste weibliche Gottheit besaß auch den Beinamen »Herrin der Länder«. Drohte eine Finsternis, ernannten die Verantwortlichen mitunter einen Ersatzkönig; er musste stellvertretend für den echten das vermeintlich folgende Unheil »aussitzen« (AH April 2004, S. 53).

Für einen anderen sumerischen Brauch, die »heilige Hochzeit«, verzichtete der Herrscher jedoch auf ein Double. Dann schlüpfte er höchstpersönlich in die Rolle von Dumuzi, des Gatten Inannas und sumerischen Hirten- und Vegetationsgotts. Inanna, vertreten von einer Priesterin, empfing den König mit den einladenden Worten: »Ich will seine Hüften streicheln, ich will sein Schicksal bestimmen, der Hirte der Länder zu sein.«

Der Planet Venus zieht auf einer engeren Bahn um die Sonne als die Erde. Aus irdischer Perspektive entfernt er sich somit nie weit von unserem Zentralgestirn. Während Jupiter die ganze Nacht am Himmel thront, zeigt sich Venus in den Abend- oder Morgenstunden. Vielleicht war ihr Erscheinen am Morgenhimmel daher für so manchen heimlichen Liebhaber eine Mahnung, rechtzeitig vor Tagesanbruch den Rückzug anzutreten. Jedenfalls galt der Freitag, der göttlichen Venus gewidmet, speziell in vorchristlicher Zeit als idealer Tag für Liebe, Vergnügen und Hochzeit.

Mittelalterliche Sterndeuter bezeichneten die Venus als Wohltäterin, die das »kleine Glück« der Liebe und schöne Kinder versprach. Wer unter ihrem Einfluss geboren war, so glaubten sie, sollte sich später dem Lebensgenuss und der Liebe verschreiben. »Venus, der Wonne Zierde, schafft gute Menschen viel«, dichtete Oswald von Wolkenstein im 15. Jahrhundert: »In Saitenklang und Singen, was die Natur erquickt, im Buhlen, Tanzen, Springen, ist niemand so geschickt.« Antike Statuen und Gemälde der Renaissance zeigen die römische Göttin – oder ihre griechische Entsprechung Aphrodite – in verführerischer Schönheit. Sehr fromme Christen sahen in ihr jedoch ein Symbol der Fleischeslust und hatten daher keine Freude an ihrer bildhaften Darstellung.

Der Tod Jesu

Das Neue Testament bezeugt: Jesus wurde an einem Freitag gekreuzigt. Christen in aller Welt gedenken daher am Karfreitag seines Leidens. Später verordnete die Kirche für jeden Freitag Abstinenz und untersagte den Genuss von Fleisch. Rückblickend glaubten manche, dass Eva Adam am »Venustag« verführt habe. Jedenfalls wurde der einstige Glücks- nun zum Unglückstag. Freitags, so der weit verbreitete Glaube, solle man nichts Wichtiges mehr beginnen, denn es würde sowieso unglücklich enden. Fällt dieser Wochentag auf den 13., verstärken die negativen Bedeutungszuweisungen einander noch. Zwei- bis fünfmal pro Jahrhundert deckt sich das vertrackte Datum sogar mit dem Karfreitag selbst – etwa in den Jahren 2001 und 2063.

2007 haben abergläubische Menschen im April und im Juli vermeintlich Anlass zur Furcht. In zwei Jahren werden sie noch mehr zittern, denn dann steht der ominöse Tag gleich dreimal im Kalender. <<

Christian Pinter ist promovierter Politikwissenschaftler in Wien. Er schreibt Fachartikel mit Schwerpunkt Astronomiegeschichte.

Das Sonnenjahr umfasst nicht 12, sondern genau 12,37 Monde. Die Zahl 12 wurde zu einem Symbol kosmischer Ordnung, während der 13 ein schlechter Ruf als Unglückszahl anhängt.

Winterwunder

Obwohl das Wetter der letzten Wochen eher beobachtungsfeindlich war, erreichten uns wieder viele gelungene Aufnahmen, von denen wir hier eine kleine Auswahl präsentieren.

Croissant
Die sehr schmale Mondsichel einzufangen ist ein beliebter Sport – hier ging gleich noch die helle Venus mit in die Falle.

>> Elke Schulz

Eiskristalle in der Luft …
verursachen schöne Effekte, wie hier die Kombination aus Nebensonne und einem 22-Grad-Halo. Die Sonne verdeckt der Fensterrahmen.
>> René Schönherr

Bumm!
Vor 30 000 Jahren explodierte eine Sonne im Sternbild Zwillinge, heute dehnt sich ihre Gashülle immer noch aus. IC 443 trägt auch den Spitznamen »Jellyfish Nebula« – Quallennebel.
>> Jose de Queiroz

Prächtige Sterne

Es muss nicht immer ein Teleskop sein: Eine digitale Spiegelreflexkamera mit Weitwinkelobjektiv genügte für dieses großartige Bild des Stiers mit seinen Sternhaufen. Es besteht aus vier Fünf-Minuten-Aufnahmen.

>> Bernhard Gotthardt

Auf zum Mond

Nein, das ist nicht Houston, Texas: Hier geht der Mond stimmungsvoll über dem Ariane-Modell im Space Park Bremen auf. Um Überbelichtung zu vermeiden, wurden acht Bilder ineinandermontiert.

>> Ulrich Beinert

Ein letzter Blick

Komet McNaught war auf der Nordhalbkugel kaum zu sehen. Über San Pedro de Atacama in Chile bot er hingegen einen prächtigen Anblick.

>> Steffen Buller

Zweimal M1

Der Krebsnebel im Stier war in den letzten Wochen ein beliebtes Fotoziel. Die obere Aufnahme besteht aus 115 Einzelbildern und fasst knapp fünf Stunden Belichtungszeit durch einen Zehnzöller zusammen.

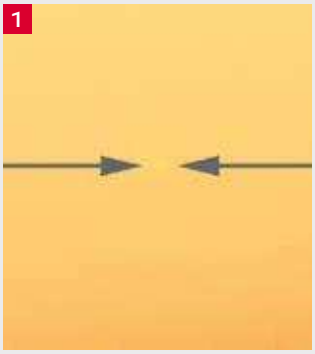
Das Bild links entstand aus den Ergebnissen einer dreistündigen Fotosession. Die Optik war ein Neun-Zoll-Apochromat mit einem Öffnungsverhältnis von f/7.

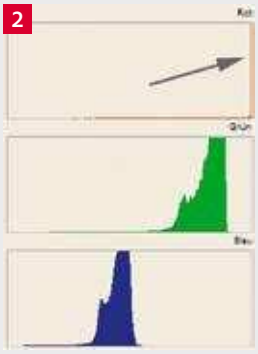
>> Thomas Tuchan (oben)
>> Dietmar Hager (links)

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste JPEG-Bilder, jedoch keine Download-Links, CDs oder Zip-Archive. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an. Abzüge und Diapositive können nur zurückgesandt werden, wenn ein frankierter Rückumschlag beiliegt.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Stichwort: Glanzlichter
Postfach 10 48 40 • 69038 Heidelberg • E-Mail: glanzlichter@astronomie-heute.de

Fernseh-Komet war kein leichtes Fotomotiv





1: SIEGFRIED HANKE, 2-4 (BEARBEITUNG): STEFAN SEIP

Der helle Komet McNaught sorgte für einen grandiosen Jahresauftakt. Allerdings war die Jagd nach dem hellsten Schweifstern der letzten dreißig bis vierzig Jahre von Mitteleuropa aus nicht leicht. An vielen Orten war das Wetter zu schlecht, zudem stand der Komet in der Nähe der Sonne, war also nur am Dämmerungshimmel in Horizontnähe zu erspähen.

Trotz allem nutzte Siegfried Hanke aus Freiburg seine Chance. Pünktlich zur allerletzten Sichtbarkeit auf der Nordhalbkugel am Abend des 13. Januar klarte der Himmel über ihm auf. Bewaffnet mit einer digitalen Spiegelreflexkamera Canon EOS 350D, einem Spiegel-Teleobjektiv mit neunzig Millimeter Öffnung und fünfhundert Millimeter Brennweite sowie einem Fotostativ zog er los und bezog Stellung auf einem Hügel mit guter Sicht nach Westen. Er schoss einige Aufnahmen bei Iso 800 mit Belichtungszeiten zwischen 1/30 und 1/50 Sekunde, die er als »Raw« speicherte, also im kameraeigenen Format mit dem geringsten Informationsverlust (im Gegensatz zu JPG). Er schickte mir die Dateien, um zu erfahren, welche Methoden der Bildbearbeitung sich eignen und wie man die Flecken auf den Bildern beseitigen könnte, die von Schmutz im Objektiv oder auf dem Chip stammen.

Als ich die Bilder im Programm Photoshop öffnete, war der Komet nur ein winziges, kaum zu erahnendes Fleckchen (Bild 1, Kometenkopf zwischen den beiden Pfeilen). Insgesamt schienen mir die Bilder sehr hell. Der Blick auf das Histogramm (Bild 2) zeigte dann die Bescherung: Der total übersteuerte Rotkanal enthielt keine Informationen mehr (siehe Pfeil) – er war völlig überbelichtet! Kontrollieren Sie deshalb die Histogramm-Anzeige gleich nach der Aufnahme auf dem Kameradisplay, damit Sie Über- oder Unterbelichtungen frühzeitig erkennen und gegebenenfalls korrigieren können.

Die Störpartikeln lassen sich nachträglich leicht entfernen. Benutzen Sie in Photoshop das Stempelwerkzeug (Taste »S«) und stellen Sie unterhalb der Menüleiste einen geeigneten Pinseldurchmesser ein. Halten Sie dann die Taste »Alt« gedrückt und klicken Sie mit dem runden Pinsel neben einen Schmutzpartikel (Bild 3, der Kreis ist das Stempelwerkzeug). Lassen Sie jetzt die Alt-Taste los und klicken Sie genau auf den Störenfried. Photoshop kopiert nun die zuvor aufgenommene Fläche: Der Fleck ist weg.

Um alles aus dem vorliegenden Material herauszuholen, war eine aufwändige Bearbeitung notwendig, die ich hier nicht in allen Einzelheiten schildern kann. Das Rauschen verringerte ich, indem ich sechs Einzelaufnahmen mittelte, zentriert auf den Kopf des Kometen. Dann erzeugte ich aus dem Grün- und Blaukanal einen »künstlichen Rotkanal«, da ja das Original durch die Überbelichtung unbrauchbar war. Den so optimierten Kometen montierte ich noch in eine Landschaftsaufnahme aus derselben Serie (Bild 4). So entsteht ein ansprechendes Erinnerungsbild, auch wenn von wissenschaftlich präziser Dokumentation nicht mehr die Rede sein kann. Doch nach der notwendigen, umfangreichen Bearbeitung kommt es darauf auch nicht mehr an.

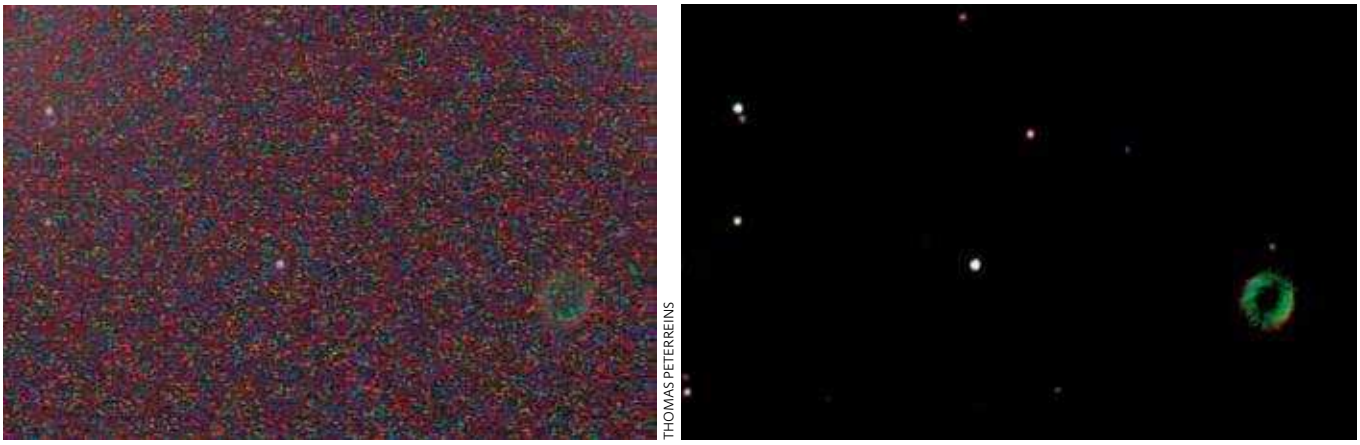
Das stimmungsvolle Endresultat hätte durchaus über die TV-Bildschirme flimmern können, als die Medien ausführlich über McNaught berichteten. Siegfried Hanke wünsche ich noch viele Gelegenheiten, solche »kosmischen Vagabunden« vor die Linse zu bekommen. <<

Schwer zu fassen war der Komet McNaught vor dem hellen Himmelshintergrund (1). Das Histogramm zeigt, dass vor allem der Rotkanal (2, Pfeil) komplett überbelichtet war – dieser Kanal wurde deshalb nachträglich ersetzt. Schwarze Flecken auf dem Foto stammen von Schmutz in der Kamera und lassen sich mit dem Stempelwerkzeug wegretuschieren (3). Anschließend kann das Kometenbild der Ästhetik wegen noch vor einen hübschen Hintergrund gesetzt werden (4).

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de

Stefan Seip



THOMAS PETERREINS

Voller Erfolg Bei der Aufnahme des Ringnebels brillierte die umgebaute Webcam des Autors. Die Rohbilder (links) sind verrauscht, doch bereits eine grobe Bearbeitung lässt die Struktur klar zu Tage treten (rechts).

Deep-Sky-Aufnahmen mit einer Webcam

Ein paar Kleinteile und etwas Bastlergeschick – und schon wird aus Ihrer Webcam für wenig Geld eine leistungsfähige Astrokamera.

>> Thomas Peterreins

Wie viele Himmelsbegeisterte schwärme auch ich für schöne, farbige Langzeitaufnahmen von Nebeln und Galaxien. Hinzu kommt meine Liebe für technische Basteleien, die mich schon etliche Male dazu brachte, mein 114-Millimeter-Newtonteleskop umzubauen und diverse Zubehörteile dafür zu kaufen.

Vor einiger Zeit las ich, dass man Webcams so verändern kann, dass damit langzeitbelichtete Deep-Sky-Aufnahmen möglich sind. Sofort stand für mich fest: Ich mache die Webcam in meinem heimischen Büro zur Astrokamera!

Die nötige Anleitung fand ich unter www.pmdo.com, wo die dafür nötigen Arbeitsschritte für eine Philips ToUCam beschrieben sind. Der Umbau lässt sich an einem Wochenende durchführen, einschließlich erster Testaufnahmen am Sonntagabend. Allerdings ist etwas Geschick beim Löten erforderlich. Besonders für Astrofans mit schmalem Geldbeutel oder für Schulprojekte, die Astronomie mit Technik kombinieren möchten, ist so ein Umbau eine lohnende Sache.

Wo ich schon beim Basteln war, habe ich der Elektronik mit dem Empfängerchip gleich ein neues Gehäuse mit Okularhülse verpasst.

Um die veränderte Webcam auch nutzen zu können, benötigt man spezielle Aufnahmesoftware, die sich für modifizierte Kameras eignet. Glücklicherweise haben hier schon mehrere Tüftler exzellente Vorarbeit geleistet. Eine Liste geeigneter Computerprogramme findet sich auf der genannten Webseite. Ich habe mich für die Software »Desire« entschieden und die Kamera damit umgehend ausprobiert.

Eine halbe Minute Licht sammeln

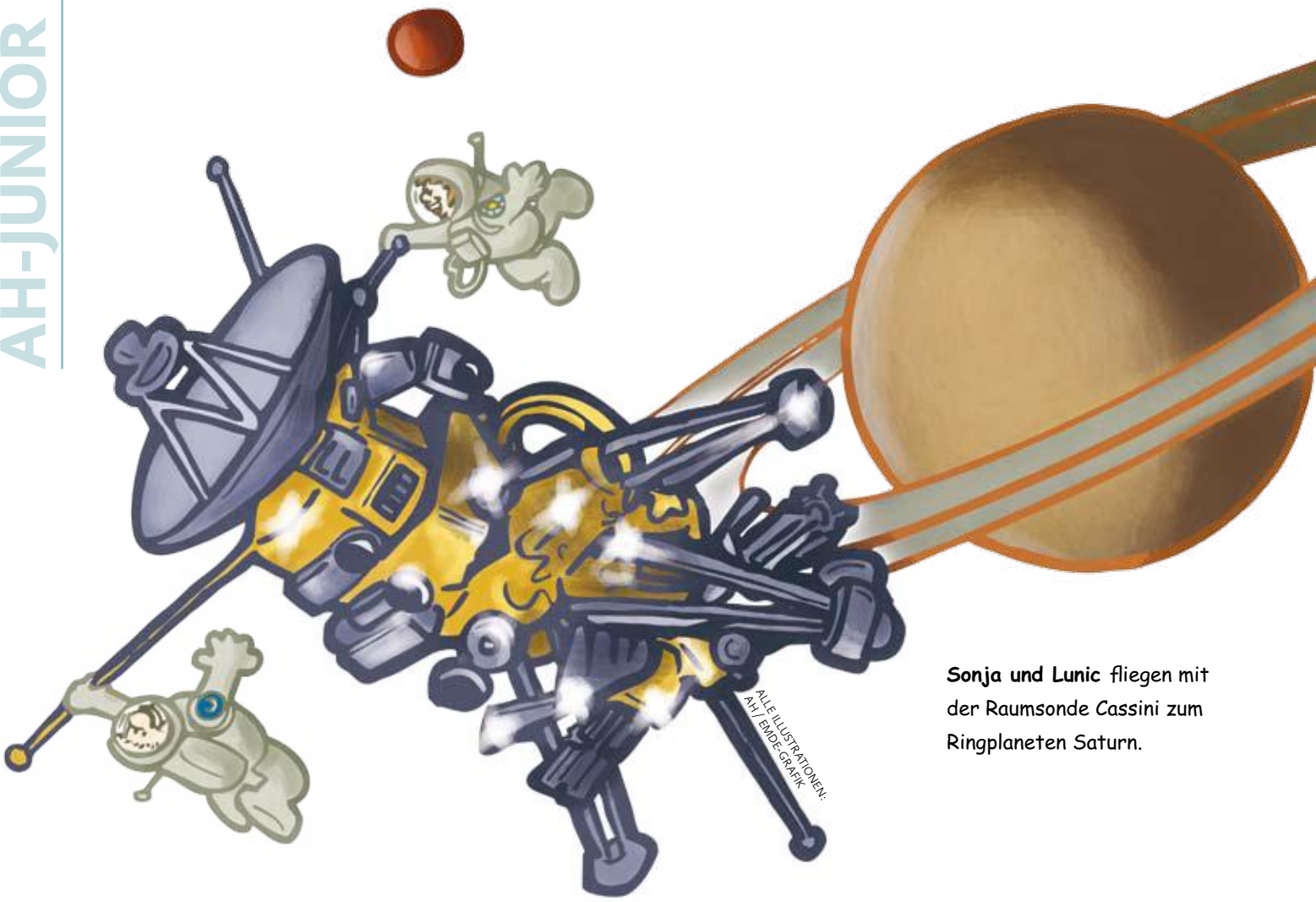
Das erste Zielobjekt war M 57, der Ringnebel in der Leier. Zunächst fokussierte ich mit der Kamera am Okularauszug auf die Wega und markierte die Einstellung. Dann brachte ich mit einem normalen Okular den Ringnebel in die Mitte des Gesichtsfelds und schaltete die (natürlich selbst gebaute) Nachführung ein. Schließlich tauschte ich das Okular gegen die Kamera, stellte die zuvor markierte Kamerafokussierung ein und startete »Desire« auf dem Computer.

Nach kurzer Überlegung wählte ich dreißig Sekunden Belichtungszeit pro Bild, was sich als recht brauchbarer Wert erwies: M 57 war im stark verrauschten Bild gut erkennbar. Insgesamt machte ich hundert Dreißig-Sekunden-Aufnahmen sowie einige Bilder mit geschlossenem Objektivdeckel (Darkframes), die ich von den Rohbildern abziehen konnte, um das Bildrauschen zu vermindern.

Zur späteren Bildbearbeitung nutzte ich das Programm »PictureWindow« der Firma Digital Light & Color (www.dl-c.com). Es bietet nützliche Funktionen für die Bearbeitung von Astrofotos. Oben links ist eines der Rohbilder zu sehen; das Bild rechts daneben zeigt die Kombination von (lediglich!) fünf Rohbildern nach Abzug des Darkframes.

Angesichts meiner relativ simplen technischen Ausrüstung ist das Ergebnis beachtlich. Für mich besteht kein Zweifel: Der Umbau meiner Webcam hat hervorragende Ergebnisse erbracht – und mir sehr viel Spaß gemacht. Und das bei geringsten Kosten (Webcam 35 Euro, Kleinteile 15 Euro). Mit meiner modifizierten Kamera habe ich jetzt manche Möglichkeit, die sonst nur professionelle Geräte bieten. Jedem, der nun selbst Lust zum Basteln bekommen hat, wünsche ich eine ruhige Hand mit dem Lötkolben und »Petri Heil« beim Fischen im Deep Sky! <<

Thomas Peterreins ist passionierter Hobbyastronom und Tüftler.



ALLE ILLUSTRATIONEN: AH/ EMDE-GRAFIK

Sonja und Lunic fliegen mit der Raumsonde Cassini zum Ringplaneten Saturn.

Unterwegs zum Ringplaneten

>> Cecilia Scorza de Appl

»Nun sind wir schon seit sieben Jahre in unserem Raumschiff unterwegs, Lunic, und ich sehne mich langsam nach Hause. Es ist so einsam hier draußen.«

»Stimmt, Sonja, aber wir können nicht zur Erde zurück, bevor wir Saturn besichtigt haben. Von allen Planeten ist er – wegen seiner mächtigen Ringe – der eindrucksvollste.«

»Du hast Recht, Lunic. Ich habe ihn von der Erde aus oft mit bloßen Augen am Himmel leuchten sehen. Aber als ich seine Ringe und die drei größten seiner Monde das erste Mal in einem Teleskop sah, wusste ich, dass ich unbedingt Astronomin werden will! So faszinierend war der Anblick!«

»Ähnlich muss es Galileo Galilei im Jahr 1610 gegangen sein als er mit seinem selbst gebauten Fernrohr in den Nachthimmel schaute und Saturn beobachtete! Damals hatte er bereits unseren Mond, Jupiter und dessen größte Monde gesichtet und festgestellt, dass Jupiter kein Stern, sondern ein Planet mit eigenen Monden ist (›Auf Galileis Spuren‹, S. 36).«

»Hat er denn auch Saturns Monde sofort erkannt, Lunic?«

»Ja, zumindest hat er das geglaubt, Sonja. Er schickte Giuliano de' Medici, seinem Förderer aus Florenz, eine verschlüsselte Nachricht, die so lautete: Smaismrmilmepoetaleumibunenvgttavrias.«

»Und, konnte Herr de' Medici das Rätsel lösen?«

»Nein, Galilei musste die Lösung auf Latein nachliefern: ›Altissimum planetam tergeminum observavi‹, was so viel bedeutet wie: Den obersten Planeten habe ich dreigestaltig gesehen.«

»Und was bedeutete das, Lunic?«

»Dass er den Saturn gesehen hatte, als ob er zwei Ohren hätte, Sonja!«

»Und war das wirklich so? Hatte Galilei wirklich Saturn mit Ohren gesehen, Lunic?«

»Nein! Er hat die Ringe Saturns von der Seite gesehen, und weil das Bild in seinem Fernrohr etwas verschwommen war, konnte er nicht herausfinden, was der Grund für die zwei seitlichen Ausbuchtungen war. Erst der niederländische Physiker und Astronom Christiaan Huygens konnte die Ringe 1656 beim Blick durch ein stärkeres Fernrohr einwandfrei identifizieren. Ein Jahr zuvor hatte er bereits den größten Saturnmond Titan gefunden. Ein paar Jahre später entdeckte Giovanni Domenico Cassini die Saturnmonde Japetus, Rhea, Thetys und Dione und auch die nach ihm benannte Lücke in den Saturnringen.«

»Was für eine Lücke, Lunic?«

»Die kannst du auch sehen, Sonja. Schau mal durch das Teleskop. Ich habe gerade Saturn eingestellt. Dort steht er zusammen mit seinen Ringen.«

»Oh, wie wunderschön! Ja, und ich sehe nicht nur einen Ring, sondern sogar mehrere! Und dazwischen einen dunklen Streifen: Ist das die Lücke, die Cassini entdeckt hat? Und woraus bestehen der Ring und Saturn selbst? Weißt du das, Lunic?«

»Der Ring besteht zum größten Teil aus Eisbrocken. Saturns riesige Atmosphäre dagegen enthält – wie die des Jupiters – überwiegend Wasserstoff und Helium. Der Ringplanet ist so leicht, dass er sogar im Wasser schwimmen könnte, aber nicht weil er Ringe hat, sondern weil seine Atmosphäre nur so schwer wie ein hauchdünner Nebel ist.«

»Saturn besteht also nur aus Gas, Lunic? Was würde denn passieren, wenn ich versuche, auf Saturns ›

Lunic versinkt im Gasnebel beim Versuch, auf der Oberfläche Saturns zu stehen.

> Oberfläche zu landen? Ich nehme an, dass ich versinken würde, aber was gibt es in seiner Mitte? Hat er überhaupt keinen harten Kern?«

»Doch, Sonja, tief in seinem Innern wird das Gas zuerst flüssig und dann metallisch. Und unterhalb dieser metallischen Schicht liegt ein fester Kern, der 16-mal die Masse der Erde hat.«

»Wahnsinn! So schwer ist der Kern? Wollen wir uns einige der Saturnmonde genau anschauen, Lunic?«

»Ja, gerne, Sonja. Dort siehst du Titan, Rhea, Japetus, Dione und Thetys! Titan ist der größte von ihnen. Er hat einen Durchmesser von 5150 Kilometern und besitzt eine sehr dichte Atmosphäre.«

»Eine Atmosphäre? Und ich habe eigentlich gedacht, dass alle Monde so wie unser eigener keine Lufthülle besitzen.«

»Titan ist in dieser Hinsicht eine Ausnahme! Er ist der einzige Mond, der eine dichte Atmosphäre hat. 1997 schickten Nasa und Esa die Raumsonde Cassini-Huygens zum Saturn. Sieben Jahre später erreichte die Sonde ihr Ziel, flog an den Ringen vorbei und setzte die Landkapsel Huygens Anfang 2005 auf Titan ab.«

»Und was hat Huygens dort entdeckt?«

»Du wirst es nicht glauben, Sonja: Die Forscher wussten schon vorher, dass die Atmosphäre von Titan aus Methan besteht. Aber was sich unterhalb seiner Wolkenschleier verbarg, war bis dahin unbekannt. Huygens landete in einer Geröllwüste und sank in den weichen, mit Methan durchtränkten Boden ein. Wegen der sehr niedrigen Temperaturen von minus 179 Grad Celsius konnte die Kapsel nur siebzig Minuten arbeiten. Danach waren ihre Instrumente eingefroren.« <<

Der schwimmende Saturn

Das Gas, aus dem der Riesenplanet Jupiter besteht, ist so dicht wie ein dicker Nebel, das von Saturn so dicht wie ein dünner Nebel. Die Gesteinsplaneten sind dagegen sehr hart und kompakt. Weil Saturn aus dünnem Gas besteht, ist er für seine Größe (10-mal der Erddurchmesser) extrem leicht. Gäbe es im Sonnensystem einen riesigen Ozean, könnte Saturn darauf schwimmen! Alle anderen Planeten würden im Wasser versinken, weil ihre Dichte größer ist als die Dichte von Wasser. Saturn besitzt also die geringste Dichte von allen Planeten des Sonnensystems. Ihr könntet dies mit dem folgenden Versuch nachvollziehen:

Was ihr braucht:

- 1 Schüssel
- Wasser
- 1 Murmel (die Erde)
- 1 Tischtennisball (Saturn)

Füllt die Schüssel halb mit Wasser und gebt den Saturn (den mit Luft gefüllten Tischtennisball) hinein. Er schwimmt. Die Erde (Murmel) geht dagegen auf Grund ihrer viel höheren Dichte sofort unter.

Sonja und Lunic lassen ihre »Planeten« in eine Schüssel mit Wasser fallen.

Ronald Stoyan

Teleskop-1x1

Ein Handbuch für Fernrohr-Besitzer
mit Anleitung zur eigenen
Beobachtung und Fotografie

Oculum-Verlag, Erlangen 2006
64 Seiten, 75 Abbildungen,
15 Tabellen
ISBN 9783938469026
7,90 €

Alle rezensierten Bücher, CD-ROMs und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de

per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de

telefonisch: 06221 9126-841

per Fax: 06221 9126-869

Erster Begleiter

Sie haben gerade Ihr erstes Fernrohr gekauft oder geschenkt bekommen, und die mitgelieferte Anleitung beantwortet nicht all Ihre Fragen? Hier hilft Ronald Stoyan mit seinem kompakten Teleskop-1x1.

Der Leser erfährt darin einsteigergerecht viel Wissenswertes über die Bestandteile seiner Fernrohrausrüstung, wie diese aufgebaut und wie sie bedient wird. Neben der Technik kommt aber auch die praktische Beobachtung nicht zu kurz. So gibt das Buch Tipps zur Sonnen-, Mond- und Planetenbeobachtung. Grundlagen über Sternhaufen, Galaxien und Nebel sowie eine Auflistung von Deep-Sky-Paradeobjekten sollen zur Himmelsbeobachtung anregen.

Wegen fehlender Sternkarten ist man hier jedoch auf zusätzliche Literatur angewiesen. Stattdessen kommt am Ende des Buchs eine kompakte Einführung in die Astrofotografie mit wertvollen Hinweisen, wie Sie die Schönheit des Himmels im Bild festhalten können.

Gut gefällt mir die Unterteilung der Doppelseiten in einen Theorie- und einen Praxisteil. So wird schnell ersichtlich, warum eine parallaktische Montierung am Himmelspol ausgerichtet werden muss und wie sie in der Praxis umgesetzt werden muss. Dieses Konzept wird leider nicht bis zum Ende des Buchs durchgehalten. Darüber hinaus fehlt ein Verzeichnis mit weiterführender Literatur wie Sternkarten, Jahrbücher oder Internetseiten.

Dennoch ist das Teleskop-1x1 ein idealer und praxisnaher Begleiter für Einsteiger bei ihren ersten Himmelsbeobachtungen.

>> Stefan Ueberschaer

Mama, Papa, Mond

Emilie Beaumont und Hélène Grimault

Ein kleines Wörterbuch: Der Himmel

Fleurus Verlag, Köln 2006
24 Seiten mit zahlreichen bunten Bildern
und abwischbaren Seiten
Illustrationen von Marie-Anne Didierjean

ISBN 9783897173996
Preis: 4,90 €

Laut Rückseite will das Büchlein »Kindern ab drei Jahren alles Wesentliche über den Himmel« vermitteln. Meine Testgruppe bestand aus zwei Nachbarstöchtern, einer astroenthusiastischen Viereinhalb- und einer interessierten Achtjährigen. Die Begeisterung der Jüngeren ließ allerdings beim Lesen recht schnell nach; etwa bei der vierten Doppelseite wandte sie sich ab und spielte lieber mit meiner zwei Jahre alten Tochter. Die Ältere blieb aber dabei, auch wenn sie keine weiteren Fragen zu den Bildern und den Texten stellte.

Mir fielen dabei einige Punkte negativ auf: Der Begriff Planet kommt erst auf der letzten Seite vor und wird nicht erklärt, dafür nehmen Wetterphänomene einen zu großen Raum ein. Auch werden die teils zungenbrecherischen lateinischen Begriffe neben den deutschen genannt; bei den Zirren fehlt gar die landläufigere Bezeichnung Schleierwolken.

Fast schon ärgerlich ist der Patzer auf der letzten Doppelseite, wo es um die Raumfahrt geht: Der Text über den Abwurf der Feststoffraketen und des Treibstofftanks eines Spaceshuttles, das auf der gegenüberliegenden Seite abgebildet ist, wird mit einer startenden Saturn V illustriert, der aber beides fehlt.

Von diesen fachlichen Fehlern einmal abgesehen eignet sich »Der Himmel« gut als Bilderbuch für die Kleinsten: Von den beschichteten Seiten lassen sich Fingertapser leicht abwischen und auch die Bindung macht einen robusten Eindruck.

Als Vorlesebuch eignet es sich allerdings nur bedingt. Es hat keinen roten Faden oder durchgehend vorkommende Charaktere und springt zu schnell von Thema zu Thema.

Dafür hat meine Tochter es als Bilderbuch entdeckt. Die Worte Mond und Stern kannte sie bereits von den Leuchtmotiven an ihrer Zimmerdecke und weitere wie Sonne und Teleskop lernte sie mit dem Buch schnell hinzu. Das kleine Wörterbuch hat so einen festen Platz in ihrem Bücherregal erobert.

>> Oliver Dreissigacker

= bedingt empfehlenswert
= empfehlenswert
= sehr empfehlenswert

Eugen Reichl, Aydogan Koç
Raumfahrt-Wissen

Motorbuch Verlag, Stuttgart 2006
291 Seiten mit 146 Farb- und 30 Schwarz-Weiß-Abbildungen sowie acht Zeichnungen
ISBN 9783613026667
29,90€

Geballte Ladung

Raumfahrt ist wieder in aller Munde: Die Nasa will wieder auf den Mond und dank Thomas Reiter hat dieses Thema selbst in der Boulevard-Presse Einzug gehalten. Wer die Nachrichten einordnen und kompetent mitreden möchte, benötigt daher unbedingt Allgemeinbildung in Sachen Raumfahrt. Was aber ist eigentlich Raumfahrt-Wissen? Zum einen sind da die physikalisch-technischen Grundlagen, zum anderen spielt die Geschichte eine Rolle, aus der aktuelle Entwicklungen erst verständlich werden. Die Autoren versuchen diesen beiden Aspekten gerecht zu werden.

Ein Blick in das Vorwort lässt aber schon Unheil erahnen, denn dort rühmen sich Reichl und Koç ernsthaft, dass sie in ihrem Buch »die Besatzungsmitglieder der eingestellten Flüge von Apollo 18 bis 20« auflisten, was in etwa so spannend ist wie die Liste der Ersatzspieler beim Finale einer Fußballweltmeisterschaft. Belanglosigkeiten dieser Art finden sich in diesem Werk dann auch in Hülle und Fülle. Beispielsweise wird in einem Kapitel über das Apollo-Kommandomodul erwähnt, dass die Hauptkontrolltafel »mit 24 Instrumenten, 566 Schaltern, 40 Zeigern und 71 Lampen« bestückt war – ein Foto wäre mir da lieber gewesen.

Diese Liebe zum Detail erfährt ihre Fortsetzung in langen Tabellen und Aufzählungen von bemannten und unbemannten Flügen. Die Autoren unterscheiden kaum zwischen historisch bedeutsamen Missionen und eher randständigen Ereignissen. So wird dem ersten Flug eines Deutschen in den Weltraum nur unwesentlich mehr Platz eingeräumt als einer Progress-Versorgungsmission. Über Sigmund Jähn, eben jenen ersten Deutschen im All, erfährt man fast gar nichts.

Zwischen all dieser Nichtinformation blitzt dann aber doch gelegentlich das Abenteuer Raumfahrt durch: Zum Beispiel, wenn die Apollo-11-Besatzung zu Wort kommt oder wenn vom ersten Weltraumspaziergang Alexeij Leonows berichtet wird, den dieser nur knapp überlebte, um dann nach der Landung mit seinem Mitkosmonauten Pawel Beljajew gegen sibirische Wölfe kämpfen zu müssen. Der technische Sachverstand und die Detailverliebtheit der Autoren geben solchen Passagen einen recht eigenwilligen Stil und entbehren nicht einer unfreiwilligen Komik.

Neben der historischen Sicht auf die Raumfahrt vermittelt das Buch Wissen über deren technische Grundlagen. Ein Kapitel ist ganz den Raketentriebwerken gewidmet. Die Autoren versuchen hier mit möglichst wenig Formeln die grundlegende Funktionsweise und die verschiedenen Technologien von Raketenantrieben zu erklären. Die Formelvermeidung führt unweigerlich zu Stilblüten wie »Die Fluchtgeschwindigkeit ist stets exakt der 1,414-fache Betrag der Orbitgeschwindigkeit«. Die Exaktheit ist hier natürlich in der Wahl der Nachkommastellen für Wurzel 2 begründet. Will der Leser wissen, wie es zu dieser Zahlenmystik kommt, hilft dann aber leider doch nur das gute alte Physikbuch.

Fazit: Dieses Buch liefert zweifellos viel Information, doch macht es auf mich einen eher unorganisierten und unausgewogenen Eindruck, der sich durch das fehlende Stichwortverzeichnis nur noch verstärkt.

>> Stefan Taube

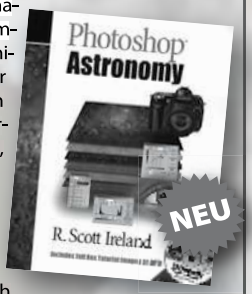
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59,90

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39,90

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65,00

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

TV-PROGRAMM

Samstag, 17. März

X-Planes – Aufbruch ins Weltall
Diese Sendung zeigt in faszinierenden Bildern die allerersten Schritte der USA im Weltall mit Experimentalflugzeugen – den so genannten X-Planes
N24, 14.05 Uhr
Wdh. am 18.03. um 4.05 und um 7.05 Uhr

Montag, 19. März

Spaziergang im All
Weltraumspaziergänge gehören zu den spannendsten Kapitel in der Geschichte der Raumfahrt. Heute werden sie für die Astronauten fast zu Routineangelegenheiten
N24, 20.15 Uhr
Wdh. am 22.03. um 1.45 Uhr

Sonntag, 25. März

LebensART
Einsteins große Idee (1/2)
Die kleine Reihe verbindet persönliche Episoden über Einstein mit der Geschichte der Wissenschaft. Aufwändige Spielszenen zeigen, wie die klügsten Köpfe ihrer Zeit die Entdeckung der »Weltformel« $E = mc^2$ für Einstein vorbereiteten
hessen fernsehen, 17.15 Uhr
Der 2. Teil wird am 1. April gesendet

Montag, 26. März

Dunkle Energie –
Das Nichts im All
Die von berühmten Wissenschaftlern wie Einstein oder Newton entdeckten Naturgesetze galten lange Zeit als endgültige Erkenntnisse. Doch immer mehr Forscher sind der Ansicht, dass das Universum auch völlig anders funktionieren könnte. Einen Hinweis darauf liefern die Untersuchungen an der so genannten Dunklen Materie. Aber es gibt noch weitere alternative Ansätze, die die Widersprüche und Rätsel möglicherweise lösen könnten
arte, 22.25 Uhr

Samstag, 31. März

2056 – Die Welt der Zukunft (3/3)
Mehrere tausend Kilometer von der Erde entfernt arbeiten die Protagonisten dieser fiktionalen Dokumentation in einer Raumkapsel an der Steigerung der Energieeffizienz von Solarzellen. Ihr Forschungslabor ist über einen Weltraumaufzug mit der Erde verbunden. Die Seile des Aufzugs erlangen durch winzige Kohlenstoff-Nanoröhrchen eine enorme Stabilität. Was wie Sciencefiction klingt, ist bereits ein Prestigeprojekt des Los Alamos National Laboratory.
arte, 20.45 Uhr

Montag, 23. April

Im Bann der Sonne – Von Erdklima und Weltraumwetter
Nur die dünne Erdatmosphäre trennt uns vom »Weltraumwetter« mit Magnetstürmen, Plasmawolken und Schauern von Elementarteilchen. Deshalb lassen Wissenschaftler die Sonne nicht aus den Augen, denn ihre Stürme können den Flugverkehr beeinträchtigen, Satelliten zerstören und für Astronauten zur tödlichen Gefahr werden
Bayern alpha, 16.15 Uhr
Wdh. am 24.04. um 6.15 Uhr

Donnerstag, 26. April

Der Mond – Die Wiederentdeckung des Erdtrabanten
Im Jahr 2018 sollen wieder Nasa-Astronauten auf dem Mond landen. Die Reportage nimmt dies unter anderem zum Anlass, um den Verschwörungstheorien nachzugehen, nach denen die Mondlandungen niemals stattgefunden haben sollen
Bayern alpha, 16.15 Uhr
Wdh. am 27.4. um 6.15 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

EVENTS

14.4.: Hofer Sternfreundetreffen. Informationen und Anmeldung unter:
www.sternwarte-hof.de

25.–29.5.: 26. Violauer Planeten- und Kometentagung. An der Tagung mit Vorträgen und Workshops kann jeder an Astronomie Interessierte teilnehmen. Anmeldeschluss ist der 6. Mai 2007.
Anmeldung und weitere Informationen:
www.violau.istcool.de

15.6.–18.6.: Südsternfreundetreffen in Namibia. Das erste Teleskoptreffen in Namibia findet am Brandberg statt. Weitere Informationen, auch zu vergünstigten Flügen, unter www.suedsternfreundetreffen.homepage.t-online.de

28.7.–11.8.: Das Astronomische Sommerlager 2007 (ASL 2007) in Bischofsheim/Rhön bietet sowohl für Anfänger wie auch für Fortgeschrittene zwischen 14 und 24 Jahren unter anderem Workshops und Vorträge.
Infoheft und Anmeldung:
www.vega-astro.de

29.7.–18.8.: 43rd International Astronomical Youth Camp Tremesek, Tschechische Republik. Drei Wochen lang können Jugendliche aus rund zwanzig Ländern astronomische Themen erarbeiten. Info-Broschüre, weitere Informationen und Anmeldung:
www.iayc.org
E-Mail: info@iayc.org

6.–9.9.: 6. Teleskoptreffen Mirasteilas. Als Höhepunkt der diesjährigen Veranstaltung können die Teilnehmer die neu eingeweihte, größte Volkssternwarte der Schweiz besuchen.
Ort: Falera, Graubünden, Schweiz
Veranstalter: José de Queiroz
Weitere Informationen, auch zu Übernachtungsmöglichkeiten:
www.mirasteilas.net
E-Mail: teleskoptreffen@mirasteilas.net

Auch Ihr Termin kann hier kostenlos stehen! Für die Mai-Ausgabe schicken Sie spätestens bis zum 14. März 2007 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

PRIVATE KLEINANZEIGEN

mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können eine private Kleinanzeige pro Ausgabe mit bis zu fünf Zeilen à 40 Anschläge kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise:

bis zu drei Zeilen: 22,–€, jede weitere Zeile: 5,–€

Die Veröffentlichung im Internet ist auch für Nichtabonnenten kostenlos.

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte geben Sie Ihre Kleinanzeige im Internet ein unter www.astronomie-heute.de/kleinanzeigen **oder senden Sie sie wie gewohnt an:**

Spektrum der Wissenschaft
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE
Slevogtstr. 3–5, 69126 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

CZJ Meniskas 180/1800 mit Zwei-Zoll-Okularauszug (OAZ), absolut neuwertig im original Eichenholzbehälter, CZJ APQ 100/640 mit schwenkbarem Sucherfernrohr, Zwei-Zoll-OAZ neuwertig und Tragetasche , CZJ TM-Montierung neuwertig im original Eichenholzbehälter. Preise nach Gebot. Tel.: 0345 7820890, d.fliege@astrofreunde.com

Miyauchi Bs-77iB 77×20-Binokular mit Stativ SLIK Pro 400DX in 1a-Zustand für CHF 800,–. +41 33 8223573, yannik.zurbuchen@quicknet.ch

Kosmos Himmelsjahr der Jahrgänge 1988-2006 sowie die Einzeljahre 1975, 1977, 1979 1982 und 1984 preiswert abzugeben. 06198 9481

Meade 10-Zoll-Schmidt-Newton LXD 55 Öffnung 254 mm, Brennweite 1016 mm (f/4) UHTC. Austattung: – LXD 55 Montierung (Goto, bel. Polsucher, …) – Autostar-Handbox #497 – Super-Plössl Serie 4000: 26 mm – Ovp. – ausf. dt. Anleitung. Das Teleskop wurde 4-5× benutzt, ist also im guten Zustand. 1200,– Euro VB. tschaefer3@gmx.de

Carl Zeiss Jena 4× Okularrevolver, neuwertig, für 3 Steckokulare 0,965 Zoll bzw. 25,4 mm Steckhülse und ein Schraubokular M44×1. Keine Beschädigungen oder Kratzer. Optik und Mechanik in Bestzustand. In Originalverpackung »Präzision aus Jena«. Anschlussgewinde für Okularauszug M44×1. Bei Interesse kann ich Bilder zusenden. 280,– Euro. 0173 5706437, norman_schubert@yahoo.de

Leitz Apo-Telyt und Zubehör: Apo-Telyt 2,8/280, Griffschale, E112 UV Schutzfilter mit Stützring, E 112 Kunstlichtfilter, Leitz Apo-Extender 1,4×, alles A. Original-Alu-Koffer B. Abholpreis 2750,– Euro. 02482 7300 (Tel. ab 19 Uhr) oder Fax

Teleskop-Zubehör: Baader Hartholzstativ inkl. Flansch für Vixen GP-/GP-DX-Montierungen an Selbstabholer um 299,– Euro. 0911 672768

Astrozubehör: opt. Tubus 200/4000 mm Kutter-Schiefspiegel, Lichtenknecker Optik, 3-teilig, neu belegt, Ausführung Alu/V2A Masse 25 kg, großer Zenitspiegel, 60-mm-Wachter-Okular, 45-mm-Clave-Plössl-Okular, Mond-/Planetenkamera mit Strahlteiler, Zwischenverschluss und KB-Gehäuse, Justieranleitung, Nachweis der optischen Qualität über Bilder SuW-Bildberichte und Interferometer-Test stehen auf Wunsch zur Verfügung. Preis 4200,– Euro, 07142 772964 und 07142 64857

Intes Micro Alter MN10 im Bestzustand, 10 Zoll, f/5,5, hochwertige Optik und Mechanik + Zubehör, VB 5500,– Euro, 04131 391151

Teleskope und Zubehör. Sehr gut erhaltene Refraktoren, Reflektoren und terrestrische Fernrohre (Spektive) mit Zubehör, Literatur und Zeitschriften aus Nachlass möglichst komplett zu verkaufen. 02628 2678 nach 19 Uhr

Meade Starfinder Dobson 12½ Zoll mit Mag-I-Computer (mit ausf. dt. Montage- und Bedienungsanleitung); Okular: Super-Plössl (4-linsig), Serie 3000; Teleskope: 2-fach Barlowlinse #126 und 2-fach Barlowlinse #140, Serie 4000; Filter: Sonnenf. für Weißlicht-Beobachtung, CLB 12½×86 (Durchmesser = 386 mm); Mondfilter; Lumicon Oxygen-III Filter; Lumicon Deep-Sky-Filter mit PVC-Schutzhülle; neuwertig (nie benutzt), z. T. original verpackt. 1300,– Euro. Tel.: 06251 39524 Fax: 06251 580632, r.bladt@t-online.de

SuW 1975-2006 kostenlos abzugeben. Dr. K. Urban, Höfatsstr. 16, 86825 Bad Wörishofen, 08247 7742

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - ***jetzt nur € 799,00!***

Preis-Reduzierung!

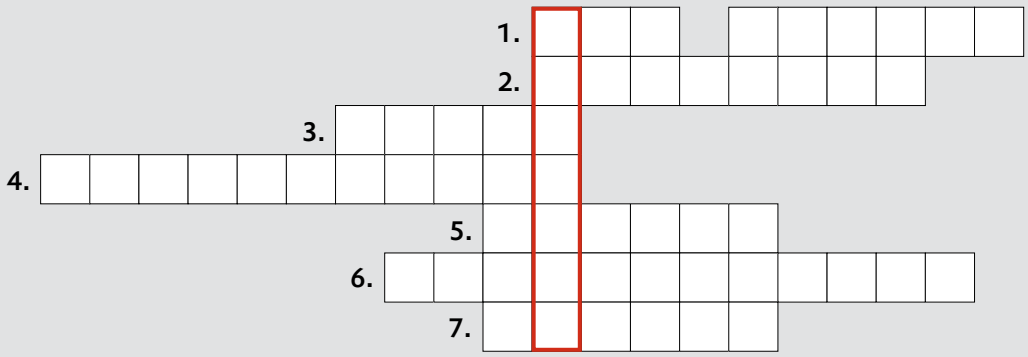
Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

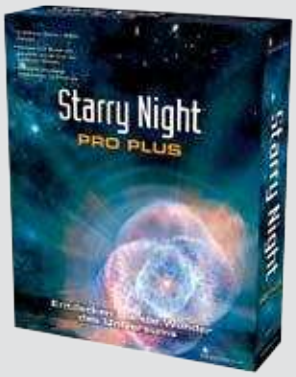
Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Gewinnen Sie ein Baader-Okular-Set mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 4





1. Eine der früheren Bezeichnungen für Regulus
2. Bestandteil adaptiver Optik: sorgt für die gewünschte Krümmung eines Teleskopspiegels
3. Sternbild, ziert die 50-Cent-Münze Sloweniens
4. Krater auf dem Mond, den wohl schon Galilei gezeichnet hatte
5. Eines der Forschungs-Racks des europäischen ISS-Labormoduls Columbus
6. Quantenmechanisches Phänomen, dem unser Kosmos vielleicht seine Existenz verdankt
7. Unter diesem Namen boten holländische Seefahrer und Kaufleute die ersten Fernrohre an

1. Preis: »Starry Night pro plus« – Die Premium-Ausgabe der deutschen Version 5 des beliebten Planetariumprogramms für Windows XP und Mac OS 10.3 oder höher. Test in AH 9/2006, S. 70. Avanquest Deutschland (www.avanquest.de). Wert: 199,95 €

2. & 3. Preis: »Das Redshift Planetarium«, zwei CD-ROMs für Windows 98/ME/2000/XP basierend auf Redshift 5. United Soft Media (www.usm.de). Wert: 29,90 €

4. & 5. Preis: »Die Sonne – der Mond«, zwei BBC-Filme mit je einer Stunde Laufzeit auf einer DVD. Polyband (www.polyband.de). Wert: 17,99 €

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 4/2007, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg. Verwenden Sie nicht das Leserbriefformular auf der Webseite! Einsendeschluss ist der 6. April 2007. Vierter Teil einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird nachfolgend für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»Baader-Okular-Set«) benötigt. Unter den Einsendern der Einzellösung werden weitere Sachpreise gezogen, siehe oben rechts. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Ausgabe Juni 2007, im Handel ab Mittwoch, dem 16. Mai 2007.

Hauptpreis des Superrätsels: »Baader-Okular-Set«

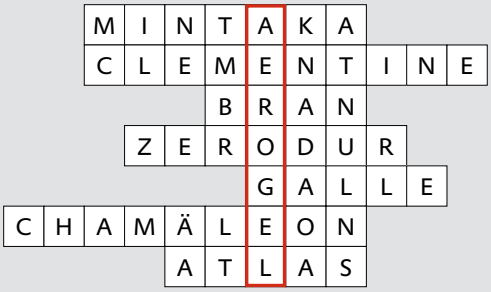
Hyperion-Reihe, www.baader-planetarium.de/hyperion/anleitung.htm

Die Hyperion-Okulare sind weltweit die einzigen, von denen Sie wahlweise 1¼- oder Zwei-Zoll-Filter am beziehungsweise im Okular anbringen können! Das Set aus sechs Okularen der Brennweiten 21, 17, 13, 8, 5 und 3,5 Millimeter hat einen Wert von 699 €.

Bringen Sie die Lösungsworte aus den Einzelrätseln der Ausgaben Dezember 2006, Januar/Februar, März und April 2007 in die richtige Reihenfolge, sodass sich ein Begriff aus Astronomie und Raumfahrt ergibt. Schicken Sie diesen unter dem Stichwort »AH-Superrätsel« wie oben beschrieben an den Verlag. Einsendeschluss und Auflösung siehe oben.

Auflösung des Preisrätsels der Januar/Februar-Ausgabe:

Lösungswort: AEROGEL – schaumiges Material zum sanften Abbremsen kosmischer Staubteilchen in einem Detektor



Gewinner: Walter Knüpp, Bochum (»Der Weltraum«, Serie auf VHS); René Knoche, Schackenthal; Christian Maikowski, Wesel; Ursula Schulenburg, Berlin; Frank Struska, Duisburg (jeweils ein »HIMMEL 2007«). Herzlichen Glückwunsch!

2. Internationale Astronomie-Messe AME2007

Erneut mit zahlreichen Ausstellern aus dem In- und Ausland und einem attraktiven Rahmenprogramm.

Wann? 22. September 2007
Wo? 78054 VS-Schwenningen, Messegelände, 6000 kostenlose Parkplätze vor Ort.
Fragen? Tel.: 0741 2706210, E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de

Wolfgang Lille
Optische Geräte – Zubehör für Sonnenbeobachtung

20/20 mm H-alpha Zubehör inkl. 100 mm Rotfilter IR/AR ab 2.995,00 €

Besuchen Sie uns am 05.05.2007 auf der 23. ATT in Essen!

Wolfgang Lille - Kirchweg 43 - 21726 Heinbockel
Tel.: 0 41 44 / 60 69 96 - E-Mail: Lille-Sonne@gmx.de
Internet: http:/mitglied.lycos.de/LilleSonne

Astroshop.de
3000 Artikel - alles online!
www.Astroshop.de

Professionelles Digitalkameratuning
Teleskopreparaturen
www.optik-makario.de

SATTLEGGERs ALPENHOF
EMBERGER ALM
Wo sonst? ASTRO- und FAMILIENURLAUB in allergenarmer* Umgebung!
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" und 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz und perfekter Sternhimmel erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Feriensternwarte Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at
*) nähere Infos: www.allergiealpin.at

ITT (internat. Teleskoptreffen): 5.10. - 7.10.2007 Buchen Sie rechtzeitig!

Sind Sie auf folgenden Messen?

didacta die Bildungsmesse
Messe Köln
>>>> 27.2.–3.3.07 Halle 09, B10

CeBIT Join the vision
Messe Hannover
>>>> 15.3.–21.3.07 Halle 09, C04

Dann schauen Sie doch einfach einmal beim Spektrum-Stand vorbei. Wie immer halten wir für unsere Abonnenten eine kleine Überraschung bereit.

Spektrum DER WISSENSCHAFT Wissen aus erster Hand

INFORMATIONEN: Karin Schmidt, E-Mail: schmidt@spektrum.com

PRIVATE KLEINANZEIGEN (Fortsetzung)

Meade 20-cm-Newton f/6, deutsche Montierung, niedrige Säule, Jg. 1983. 350,– Euro. Tel.: 05139 3604

SC-Teleskop Celestron C11 auf Losmandy-Montierung G11, schwarz, in gutem Zustand. VB 2800,– Euro. Tel.: (+36) 30 2223719, liz@suprakft.hu

Sterne und Weltraum 110 Hefte der Jahre 1998 z.T., 1999-2006 komplett sowie 9 Spezial. Nur Komplettabgabe bei Selbstabholung. Preis: 100,– Euro. Tel.: 0241 82703

Parallaktische Montierung LXD 600 Meade LX 200, Tragfähigk. bis 12 kg, Pols. alle elektr. Mögl. Go-To, PEC. Align, Objektedat. etc. 12 V, dt. Anl., stab. Metallstat., 2 Gew., 750,– Euro. Tel.: 030 7464136

Sterne und Weltraum Jahrgänge 1995-2002 kostenlos abzugeben an Schulen oder Bildungseinrichtungen (gegen Portoübernahme). Klaus Geier, Tel.: 02371 32698

Private Gartensternwarte – Rolldachhütte nach Ihren individuellen Maßen und Wünschen – fügt sich harmonisch in Ihren Garten ein. Viele Tipps zum Selbstaufbau unter www.rolldachhuette.de.vu

Bewährtes CG11 komplett oder einzeln: Celestron 11, SC-Reflektor 2800 mm Brennweite, 280 mm Öffnung, Prismenschiene, Kamerahalter, Taukappe, Scheinerblende, Zenitprisma, Schutzkoffer in Holz mit Messingbeschlägen. Losmandy G11 Deutsche Montierung, Polsucher, Encoder u. PC-Schnittstelle, TheSky, 2. Montageplatte, Schutzkoffer in Militärqualität. VB 4470,– Euro. Tel.: 07157 620244, helmutfr25@yahoo.de

Off-axis-Guider ... 75,– Euro; Fotofokussierer 35,– Euro; Tangential-Verst. für KB-Kam. 60,– Euro; Adapter für AP400-Montierung und Nivelierfüße f. Säulenselbstbau 60,– Euro; Sky-Atlas 1950.0 10,– Euro; Falkauer Atlas 4 Bände 50,– Euro, Atlas Harvard-Groningen 2 Bände 20,– Euro; 4 Astroposter Vehrenberg 16,– Euro. Tel.: 02158 800902

Deutsche Montierung Bj. `87, 37 kg, Schrittmotor in Stunde + Steuerung, Schellen 137°. 800,– Euro. Bei Abhol. Säule gratis. Tel.: 07529 2262

Alt 7AD Montierung mit Dek. Tangentialarm, mit stärkeren Motoren nachgerüstet und einer Motorsteuerung. Alt Glockensäule ist um 25 cm verkürzbar. 5950,– Euro. Tel.: 04144 606996, Lille-Sonne@gmx.de

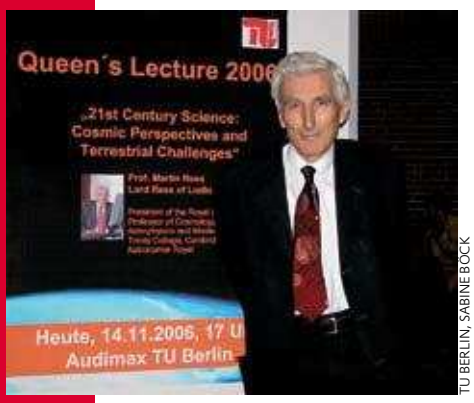
SuW-Jahrgänge 8/1963 bis 12/2006 komplett an Selbstabholer für 100,– Euro Schutzgebühr, sowie Kosmos Himmelsjahr ab 1963 für 1,– Euro pro Stück. Tel.: 0211/445250.

VORSCHAU

Galaxie auf Kollisionskurs

M 31, der berühmte Andromedanebel, bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 120 Kilometern pro Sekunde auf die Milchstraße zu. Droht uns ein Zusammenstoß?

S & T, CASEY B. REED



TU BERLIN, SABINE BOCK

Hofastronom Martin Rees

ist Nachfolger solch berühmter Forscher wie John Flamsteed und Edmond Halley. Lernen Sie mit uns den »Astronomer Royal«, Professor für Astrophysik und Kosmologie in Cambridge, näher kennen

Celestrons C6 im Test

Spiegelteleskope mit 15 Zentimeter Öffnung gelten als leistungsstarke und handliche Allrounder. Nach rund vierzig Jahren gibt es wieder ein Schmidt-Cassegrain-Fernrohr dieser Größe von Celestron

S & T, D. DICICCO

S & T / AKIRA FUJII

Im Dreieck springen

Die Hauptsterne von Leier, Schwan und Adler dienen nicht nur zur Orientierung: Um Deneb, Wega und Atair herum gibt es viel zu entdecken

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer, Sibylle Franz, Anke Heinzelmann
Schlussredaktion: Katharina Werle (Ltg.), Christina Peiberg (stv. Ltg.), Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Jürgen Brück, Stephanie Hügler, Alexander Kerste, Carolin Konermann, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Maike Pollmann
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, 63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 5 vom 1. Dezember 2006.
Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druck Medien GmbH & Co. KG, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2007 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; VP of Marketing & Business Development: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.